

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

До захисту допущено:

В.о.завідувача кафедри

Олександр ОХРИМЕНКО

«__»_____20__р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи та
технології формоутворення деталей»**

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему: «Зенкер збірний для оброблення марганцевих сталей»

Виконала:

студентка IV курсу, групи МІ-61-1

Чорна Софія Станіславівна

Керівник:

Доцент, кандидат технічних наук

Адаменко Юрій Іванович

Рецензент:

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студентка _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи та технології формоутворення деталей»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

Олександр ОХРИМЕНКО

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Чорній Софії Станіславівній

1. Тема проєкту: «Зенкер збірний для оброблення марганцевих сталей», керівник проєкту: доцент, к. т. н. Адаменко Юрій Іванович, затверджені наказом по університету від «20» травня 2020 р. №1120-с.
2. Термін подання студентом проєкту: «10» червня 2020 р.
3. Вихідні дані до проєкту: деталь типу “трак” з двома отворами, діаметром 34 мм та довжиною 218 мм, виготовлена зі сталі 110Г13Л.
4. Зміст пояснювальної записки: Аналіз вихідних даних. Розробка конструкції зенкера. Технологія виготовлення корпусу зенкера. Розробка технологічного пристосування.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов’язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Аналіз інструментів та їх класифікація. Креслення корпусу. Складальне креслення зенкера. Графічне представлення операцій технологічного процесу. Автоматизація виготовлення.
6. Дата видачі завдання: «___» _____ 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз вихідних даних для проєктування		
2	Аналіз особливостей механічної обробки групи марганцевих сталей		
3	Аналіз існуючих інструментів та конструкції для обробки отворів.		
4	Розробка конструкції зенкера. Вибір інструментального матеріалу		
5	Вибір конструктивних елементів зенкера. Розробка ескізу та креслення корпусу.		
6	Вибір параметрів точності зенкера. Технічні вимоги до виготовлення зенкера. Розробка складального креслення.		
7	Технологія виготовлення корпусу. Розрахунок режимів різання. Розрахунок припусків		
8	Розробка технологічного пристосування. Розрахунок сили затиску. Розрахунок похибки базування.		
9	Оформлення пояснювальної записки. Оформлення листів.		
10	Представлення проєкту до захисту		

Студент

Софія ЧОРНА

Керівник

Юрій АДАМЕНКО

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Олександр ОХРИМЕНКО

"__"____"20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ДО ПРОЕКТУ	
Тема проекту	Зенкер збірний для оброблення марганцевих сталей
Зміст проекту	<p>1 Аналіз вихідних даних: аналіз оброблюваної поверхні, її матеріалу; аналіз інструментів, що використовуються для обробки схожих поверхонь.</p> <p>2 Розробка конструкції зенкера: вибір інструментального матеріалу, конструктивних елементів, геометричних елементів; вибір та розрахунок параметрів точності.</p> <p>3 Технологія виготовлення корпусу зенкера: вибір заготовки, розробка техпроцесу виготовлення корпусу, розрахунок припусків та режимів різання. Розробка 3D моделей та їх аналіз.</p> <p>4 Розробка технологічного пристосування: аналіз вихідних даних, визначення схеми базування, конструювання пристосування; розрахунок сил затиску, похибки базування точності пристосування.</p>
Технічні умови до проекту	Обробка отворів діаметром 34 мм з допуском за 11 квалітетом в деталі типу “трак”, виготовленої зі сталі 110Г13Л на довжину 218 мм.
Особливі вимоги	Виконання обробки повинно відбуватися на верстатах фрезерно-свердлильної групи. Розробити пристосування для закріплення та затиску деталей.

ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ	
СП	Вихідні дані до дипломного проекту: вихідна поверхня деталі типу “трак”, особливості її конфігурації, матеріал, з якого вона виготовлена, вимоги до її обробки.	
ОП	Аналіз існуючих конструкцій. Класифікація конструкцій за основними ознаками. Вибір елементів конструкції зенкера.	
ТС	Представлення окремих операції технологічного процесу виготовлення корпусу зенкера, таких як точіння по контуру, фрезерування пазів під пластини, свердління отворів під кріпильні гвинти, шліфування; їх режимів різання.	
КС	Креслення корпусу зенкера. 3D модель корпусу. Технічні вимоги до виготовлення корпусу. Складальне креслення зенкера. 3D модель зенкера. Технічні вимоги до складального креслення.	
СС	Складальне креслення технологічного пристосування для закріплення деталі типу “трак”. Технічні вимоги до складального креслення. Специфікація до складального креслення.	
ДС	Визначення стійкості проектного зенкера шляхом прикладення розрахованих сил різання та крутного моменту в інженерному середовищі Autodesk Fusion 360°. Програма обробки на верстаті з ЧПК.	
Студентка: Чорна С. С. Керівник: Адаменко Ю.І.		дата "___" _____ "20__ р дата "___" _____ "20__ р
Прийняті позначення: СП – стан питання ОП – об'єкт проектування ТС – технологічна складова		КС – конструкторська складова СС – спеціальна складова ДС – дослідницька складова

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект присвячений розробці збірного зенкера для обробки групи марганцевих сталей. Проведений аналіз встановив основні фізико-механічні властивості представників марганцевих сталей, способи їх обробки, матеріали та конструкції інструментів, які використовуються для їх обробки різанням. На основі аналізу розроблено конструкцію збірного зенкера, яка вирішує проблему обробки заданої деталі типу “трак”. В роботі викладена технологія виготовлення корпусу інструменту, розраховані режими різання та припуски на його обробку. Розроблено 3D модель інструменту та проведено аналіз його стійкості в середовищі Autodesk Fusion 360°. Розроблено пристосування для встановлення та закріплення деталі на верстатному столі для подальшої її обробки проектованим інструментом.

ANNOTATION

Diploma project is dedicated to the development of assembled countersink for mangalloy processing. The analysis have established the main physical and mechanical features of mangalloy representatives, their processing ways, materials and tool constructions that are used for their processing through cutting. Based on the stated analysis, the construction of the assembled countersink that resolves the problem of the given detail (type "Truck") was developed. This project includes the technology of producing the tool surface, the calculation of its cutting modes and its processing allowance. The 3D model of the tool was developed and the analysis of its durability was conducted by the Autodesk Fusion 360o software. Also was developed of the device for the installation and fixation of the piece on the bench table for its further processing by using the designed tool

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему:
«Зенкер збірний для оброблення марганцевих сталей»**

Київ – 2020 року

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ	
1.1 Вихідні дані для проектування	5
1.1.1 Аналіз оброблюваної поверхні	5
1.1.2 Хімічний склад марганцевої сталі	6
1.1.3 Фізико-механічні властивості марганцевої сталі	6
1.2 Особливості механічної обробки марганцевих сталей	7
1.2.1 Аналіз особливостей групи сталей	7
1.2.2 Аналіз особливостей обробкою різанням	8
1.2.3 Аналіз рекомендованих режимів різання	9
1.3 Аналіз осьових інструментів та їх конструкцій для обробки отворів	10
2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЗЕНКЕРА	
2.1 Вибір інструментального матеріалу.	20
2.2 Вибір конструктивних елементів	21
2.2.1 Вибір хвостовика	21
2.2.2 Вибір способу підведення СОТС	24
2.2.3 Вибір параметрів стебла	25
2.2.4 Вибір конструкції різальної частини	28
2.2.5 Вибір способу кріплення різальної частини	31
2.3 Вибір геометричних параметрів	34
2.4 Вибір параметрів точності зенкера	35
2.4.1 Розрахунок похибки базування різальної пластини	35
2.4.2 Технічні вимоги до виготовлення зенкера	38
2.5 Розробка 3D моделі корпусу зенкера	39

3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ЗЕНКЕРА

3.1 Вибір заготовки	42
3.2 Розробка технологічного процесу виготовлення корпусу	43
3.3 Розрахунок припусків	52
3.4 Розрахунок режимів різання	56
3.4.1 Попереднє точіння в центрах по контуру	56
3.4.2 Фрезерування пазів під пластини	59
3.4.3 Свердління отворів під різьбу кріпильного гвинта	61
3.4.4 Чистове шліфування кінцевого хвостовика	63
3.5 Автоматизація технології виготовлення	64
3.5.1 Створення програми обробки корпусу для верстата з ЧПК	64
3.5.2 Аналіз стійкості інструменту	67

4 РОЗРОБКА ЗАТИСКНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ЗАКРІПЛЕННЯ ДЕТАЛІ

4.1 Аналіз вихідних даних	71
4.2 Визначення схеми базування та технологічних баз деталі	71
4.3 Розрахунок сил затиску у пристосуванні	73
4.4 Розробка конструкції пристосування	75
4.5 Визначення похибки базування заготовки у пристосуванні	83
4.6 Розрахунок пристосування на точність	85
4.7 Рекомендації щодо вибору верстата	89

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	93
ДОДАТКИ	96

ВСТУП

Метою бакалаврської роботи є розробка зенкера для обробки марганцевих сталей.

Зенкер - це багатолезовий осьовий різальний інструмент, призначений для попередньої або кінцевої обробки просвердлених, штампованих або литих отворів з допуском за 11 квалітетом та шорсткістю $Ra\ 4...8$ мкм в деталях із різноманітних матеріалів. Обробка виконується на свердлильних, фрезерних та розточних верстатах.

Процес зенкерування відбувається при двох сумісних рухах: обертальному русі зенкера або заготовки та поступальному русі зенкера вздовж його осі.

Завданням даної бакалаврської роботи є обробка двох отворів у заданій деталі типу “трак”, виготовленій із марганцевої сталі 110Г13Л шляхом лиття у кокіль. Попередньо відомо, що задану деталь необхідно обробляти в умовах масового виробництва.

Основними проблемами даної обробки є:

- матеріал деталі: група марганцевих сталей володіє високою твердістю та схильністю до наклепування в процесі різання, що значно зменшує кількість матеріалів, якими дані сталі можуть оброблятися;
- конфігурація отвору: його довжина в 6,5 разів більше його діаметру.

Враховуючи такі особливості обробки вимогами до проектного зенкера є жорсткість його конструкції, можливість швидкого поновлення працездатності та невелика вартість його виготовлення.

1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ

1.1 Вихідні дані для проектування

1.1.1 Аналіз оброблюваної поверхні

Гусенична стрічка складається із з'єднаних між собою траків (ланок) за допомогою гумово-металевих шарнірів. Трак є представником класу корпусних деталей (рис.1.1). Він виготовлений методом литтям у кокіль. Матеріал траку - сталь 110Г13Л, хімічні та фізико-механічні властивості якої наведені в пунктах 1.1.2 та 1.1.3 відповідно.

На торцевій частині деталі розташовано два наскрізних отвори $\varnothing 28$ мм та загальною довжиною $218_{-0,6}$ мм для обробки яких пропонується виконати різальний інструмент. Завданням даного інструменту є збільшення діаметрів отворів до $\varnothing 34^{+0,34}$ мм.

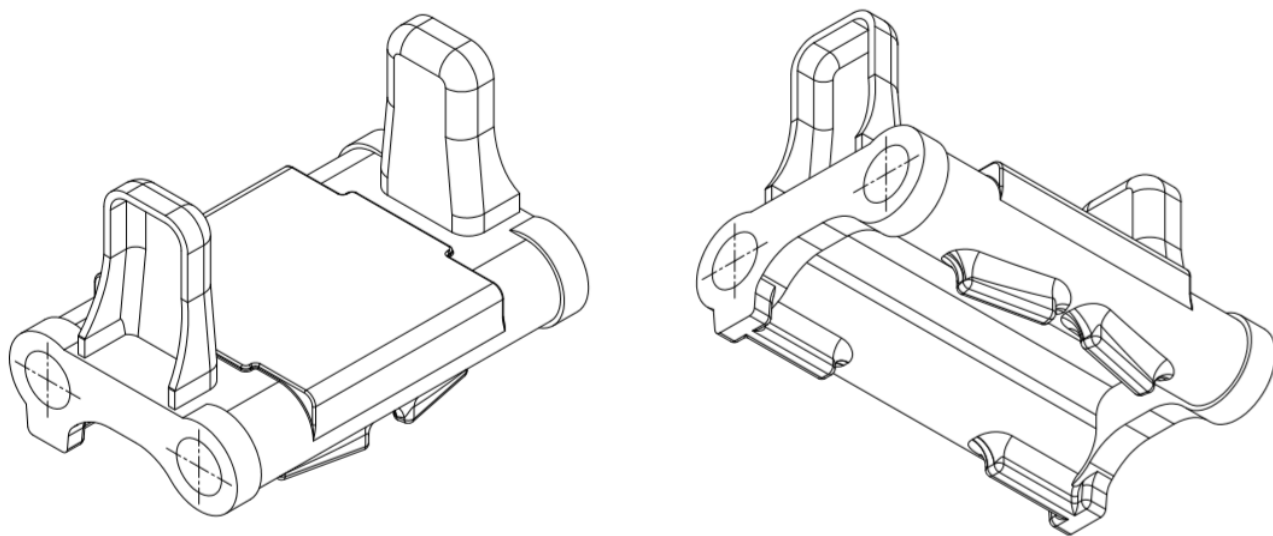


Рисунок 1.1 - Зображення деталі “трак”

1.1.2 Хімічний склад марганцевої сталі

Сталь 100Г13Л містить 0,9-1,4 % С, 13% Мп, 0,5-1,0 % Si [1, 2, 3]. Після лиття структура складається із аустеніту та надлишкових карбідів марганцю в залізі (Fe, Мп)₃С. Під час нагрівання карбіди розчиняються в аустеніті, томі після гартування від температури 1100° С у воді сталь отримує виключно аустенітну структуру із відносно невеликою твердістю 200 НВ.

В табл. 1.1 наведено хімічний склад марганцевої аустенітної сталі за ГОСТ 977-88. Також існує велика кількість близьких за хімічним складом аналогів у закордонних системах матеріалів [6].

Таблица 1.1 - Хімічний склад марганцевих сталей [1]

Марка сталі	Вміст, %						
	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
110Г13Л	0,90-1,50	0,30-1,00	11,50-15,00	≤ 1,00	≤ 1,00	0,05	0,12

1.1.3 Фізико-механічні властивості марганцевої сталі

Внаслідок низької енергії дефектів упаковки марганцевий аустеніт добре наклепується при пластичній деформації і в процесі експлуатації набуває твердість до 50-55 HRC.

При виключно абразивному зносі в результаті мікрорізання поверхні сталь 110Г13Л набуває мікротвердості більше 5800 МПа.

Приблизні механічні властивості загартованої на аустеніт сталі 110Г13Л наступні: $\sigma_b = 780 - 980$ МПа; $\sigma_{0,2} = 255 - 390$ МПа; $\delta = 40 - 50\%$; початкова твердість твердість НВ 180-220, твердість після деформації НВ600 або 59,3 HRC. Загартування відбувається при температурі 1050-1100°С та охолодженні у воді [3]. Дана сталь для

зварювання не застосовується та до відпускної крихкості не схильна. Фізико - механічні властивості виливки із марганцевої сталі 110Г13Л за ГОСТ 977-88 та ГОСТ 2176-77 наведені табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Фізико-механічні властивості виливки із сталі 100Г13Л [1, 2]

Марка сталі	Межа текучості, σ_T , МПа	Тимчасовий опір, σ_B , МПа	Відносне подовження, δ , %	Відносне звуження, ψ , %	Ударна в'язкість, КСУ, кДж/м ²
110Г13Л	320	880	45	45	2500

1.2 Особливості механічної обробки марганцевих сталей

1.2.1 Аналіз особливостей групи сталей

Марганцеві сталі або сталі Гатфільда є характерними представниками класу легованих, зі спеціальними властивостями, зносостійких аустенітних сталей. За класифікацією ISO марганцеву сталь 110Г13Л можна віднести до класу марганцевої броньованої ливарної сталі із позначенням Р і СМС кодом 06.33. та SMG кодом H21 [5, 6].

Сталі цієї групи використовуються в умовах ударно-абразивного навантаження і великого тиску. Окрім того, для них характерний великий показник пластичності [1, 3].

Марганцеві сталі мають високу здатність до зміцнення деформуванням за низької вихідної твердості, за рахунок чого вони мають гарну зносостійкість при абразивному викришуванні.

Завдяки великому відсотку вмісту марганцю і вуглецю сталі мають відносно стабільну аустенітну структуру. Зазвичай їх застосовують в литому, рідше в деформованому станах.

Позначення марок сталі, що відповідають за складом сталі Гатфільда згідно ГОСТ 977-88 - 110Г13Л, 110Г13ФТЛ, 110Г13Х2Л тощо.

Її використовують для виготовлення гусеничних траків танків, тракторів, машин, щік дробарок, рейкових хрестовин, стрілкових переводів, які працюють в умовах ударних навантажень і стирання. Також сталь застосовується для виготовлення віконних решіток у тюрмах, які неможливо розпиляти.

1.2.2 Аналіз особливостей обробкою різанням

Марганцеві сталі мають високу твердість та зносостійкість, в чому і полягає подальша складність їх обробки. Виливки із даної сталі рідко піддаються додатковій обробці, оскільки вона погано обробляється різанням через наклеп поверхні. Проте у разі подальшої обробки для таких сталей характерним є тверде точіння, що, як правило, являє собою процес чистової або напівчистової обробки з високими вимогами до розмірної точності і якості поверхні.

Тверде точіння дозволяє отримати високу якість поверхні, скоротити час обробки деталі, забезпечує легке видалення стружки та гнучкість процесу обробки, крім того такий спосіб не потребує використання ЗОТС, оскільки дана сталь виявляє властивість швидкого ржавіння після обробки свердлінням за використання ЗОТС. Піддається корозії як стружка, так і сама деталь.

Існує ряд ключових факторів, які варто враховувати під час обробки матеріалів високої твердості, таких як уникнення задирок, дотримання розмірних допусків, зняття фасок і створення радіусів на м'якій стадії та виконання врізання і виходу із зони різання по дузі.

Крім того, обробка може відбуватися за один прохід, до того ж як зовнішня, так і внутрішня, але за умови стабільної наладки і, при розточуванні, виліт інструменту не повинен перевищувати діаметру

прутка. Переваги однопрохідної обробки полягають у максимально короткій тривалості обробки та одному фіксованому положенні інструменту, а недоліки - у складності з дотриманням жорстких розмірних допусків, зменшення стійкості різальної пластини та відхилення допусків через відносно швидке зношення.

Або можна використовувати двопрохідну стратегію обробки, що дозволить отримати поверхні високої якості. Із переваг даного методу можна виокремити оптимізовану інструментальну наладку і для чорнової і для чистової обробки, а також більш високу надійність, жорсткість допусків та потенційно довшу роботу між змінами інструменту. До недоліків можна віднести потребу у двох пластинах, двох позиціях інструменту та одній додатковій їх зміні.

1.2.3 Аналіз рекомендованих режимів різання

Під час обробки Сталі 110Г13Л рекомендується [8, 9]:

- використовувати пластини із фасками;
- забезпечити жорсткість державки та закріплення деталі;
- обробку виконувати без використання ЗОТС;
- розміщення вісі переважно горизонтальне (покращення виведення стружки);
- за великої глибини різання використовувати ступінчасте розточування;
- можлива потреба у використанні антивібраційної оправки.

Залежно від матеріалу пластини рекомендуються наступні режими різання для чорнової і чистової обробки, що наведені в табл. 1.3 [5, 8, 9].

Таблиця 1.3 - Рекомендовані режими різання Сталі 110Г13Л

Тип обробки	Матеріал пластини					
	CBN300		CBN500		ТС з покриттям PVD	
	v , м/хв	f , мм/об	v , м/хв	f , мм/об	v , м/хв	f , мм/об
Чорнова обробка, $a=0,5-3,0$ мм	160-250	0,20-0,60	130-230	0,20-0,60	20-60	0,10-0,50
Чистова обробка, $a<0,5$ мм	170-250	0,10-0,60	150-230	0,10-0,60	10-50	0,10-0,30

1.3 Аналіз осьових інструментів та їх конструкцій для обробки отворів

Аналіз інструментів та їх конструкцій здійснювався для обробки корпусних деталей зі сталі із SMG кодом H21.

Окрім вимог, зазначених вище, значна увага приділялась відношенню довжини отвору до його діаметру - $7xD$, яку повинен наближено задовольнити інструмент.

Всі інструменти для обробки Сталі 110Г13Л або її аналогів поділяють на дві групи:

- інструменти, що оснащені алмазним різальними елементами: ПСТМ на основі синтетичного алмазу;
- інструменти, що оснащені ПСТМ на основі кубічного нітриду бора.

Зважаючи на таке розділення, було вирішено виконувати аналіз на основі каталогів сучасних фірм інструментів, таких як Seco та Sandvik.

1. Конструкції фірми “Seco”:

Свердло “Perfomax SD525” зі змінними пластинами (рис. 1.2).

Дане свердло $\varnothing 34$ мм, довжина його робочої частини - 170 мм .

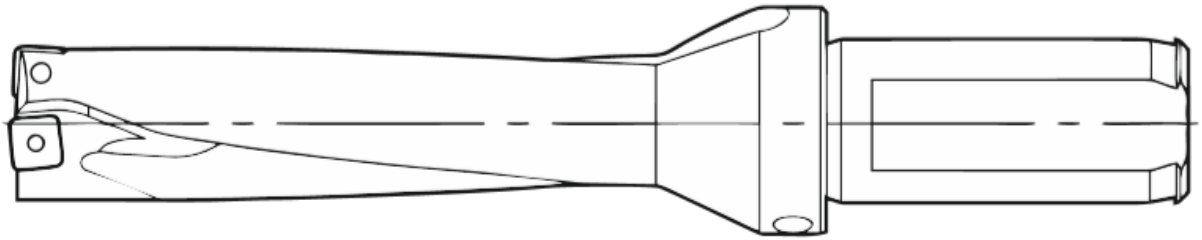


Рисунок 1.2 - Свердло “Perfomax SD525” зі змінними пластинами
[8, ст. 190]

Особливості конструкції:

- інструмент збірний, оснащений змінними багатограними пластинами;
- призначений для розсвердлювання отворів довжиною до $5xD$;
- пластини виготовлені з твердого сплаву T250D;
- передбачено циліндричний хвостовик;
- передбачено внутрішнє підведення ЗОТС.

Головка для наскрізних отворів “Precimaster Plus” (рис. 1.3).

Дана головка $\varnothing 34$ мм та довжиною робочої частини 170 мм.

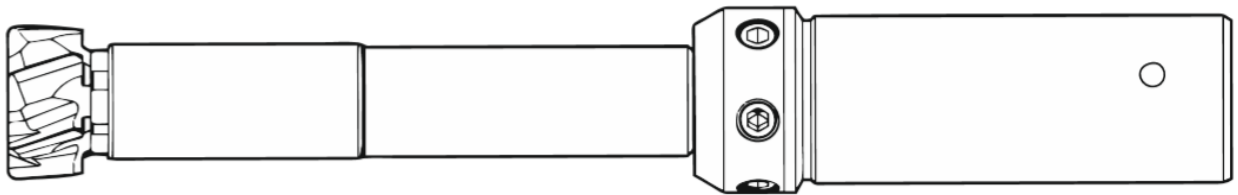


Рисунок 1.3 - Головка для наскрізних отворів “Precimaster Plus” [8, ст.252]

Особливості конструкції:

- інструмент збірний, складається із головки, корпусу та хвостовика;
- призначений для розточування наскрізних отворів довжиною до $5xD$;
- головка виготовлена зі твердого сплаву RX2000;
- корпус виготовлений із сталі;
- передбачено циліндричний хвостовик;
- передбачено внутрішнє підведення ЗОТС.

Розвертка “Bifix SR80” зі змінними ножами (рис. 1.4).

Даний інструмент $\varnothing 34$ мм та довжиною робочої частини 165 мм.

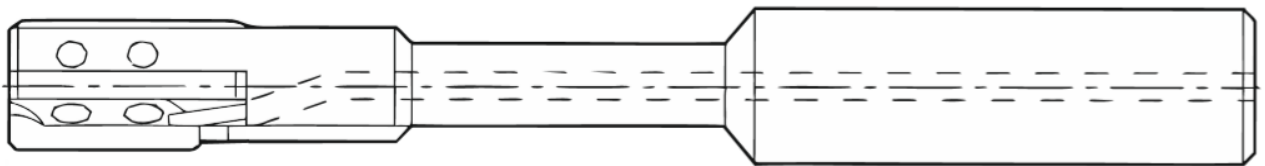


Рисунок 1.4 - Розвертка “Bifix SR80” зі змінними ножами [8, ст.294]

Особливості конструкції:

- інструмент збірний, оснащений твердосплавними ножами;
- призначений для розвертання наскрізних отворів довжиною до $5xD$;
- ножі виготовлені із твердого сплаву T250D;
- передбачено циліндричний хвостовик;
- передбачено внутрішнє підведення ЗОТС.

Чорнова розточувальна головка “RB750” (рис. 1.5).

Дана розточувальна головка $\varnothing 34$ мм та довжиною робочої частини 130 мм.

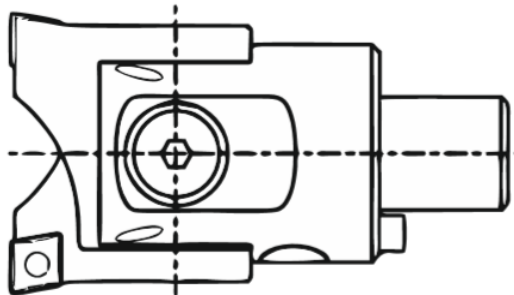


Рисунок 1.5 - Чорнова розточувальна головка “RB750” [8, ст. 374]

Особливості конструкції:

- інструмент збірний, оснащений змінними багатограничними пластинами;
- призначений для чорнового розточування отворів із довжиною до $4xD$;
- пластини виготовлені із твердого сплаву T250D;
- передбачено циліндричний хвостовик;
- передбачено внутрішнє підведення ЗОТС.

2. Конструкції фірми Sandvik:

Свердло “CoroDrill DS20” зі змінними пластинами (рис. 1.6).

Дане свердло $\varnothing 34$ мм представлене в чотирьох довжинах робочої частини: 136 мм, 170 мм, 204 мм та 238 мм [9, ст. 212].

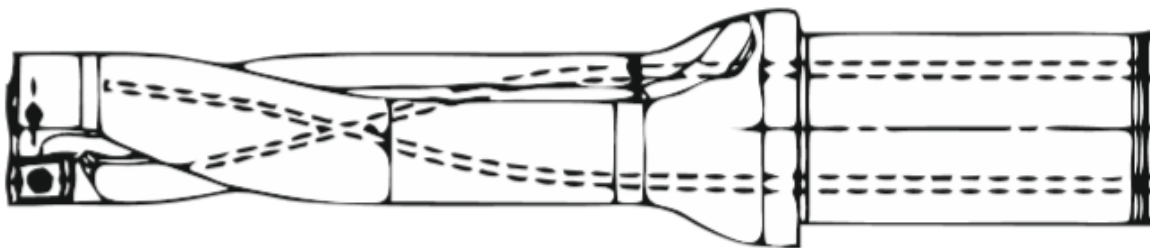


Рисунок 1.6 - Свердло “CoroDrill DS20” зі змінними пластинами

Особливості конструкції:

- інструмент збірний, оснащений змінними багатограними пластинами;
- призначений для свердління та розсвердлювання отворів довжиною до $7xD$;
- центральні пластини квадратної форми, виготовлені зі сплаву GC1344;
- пластини на периферії прямокутної форми і можуть бути виготовлені як зі сплаву GC4334 та/або зі сплаву GC4344;
- передбачений процес постійного стружковідведення у широкому діапазоні режимів різання;
- забезпечення ненавантаженого різання та виникнення відносно малих сил різання;
- передбачено хвостовик як типу HSK, так і Coromant Capto - циліндричний із лискою за ISO 9766;
- передбачено внутрішнє підведення ЗОТС.

Свердло “CoroDrill 880” зі змінними пластинами (рис. 1.7).

Дане свердло $\varnothing 34$ мм та довжиною робочої частини 102 мм.

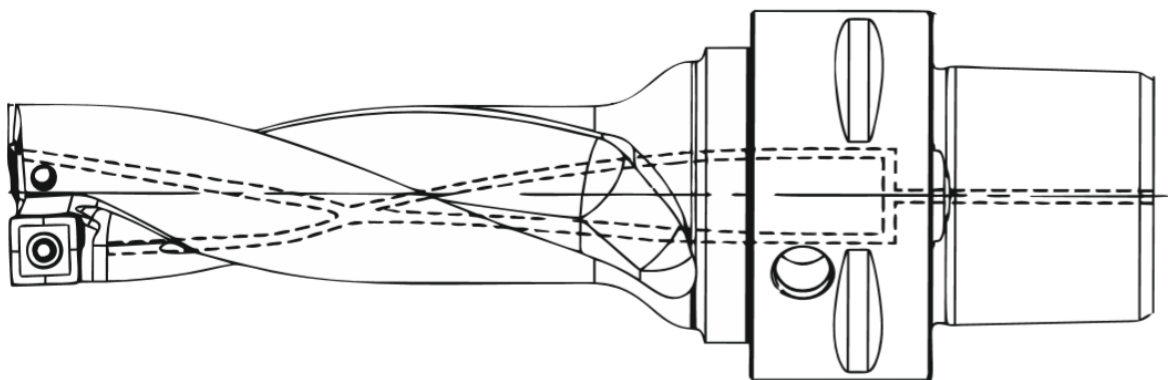


Рисунок 1.7 - Свердло “CoroDrill 880” зі змінними пластинами

Особливості конструкції:

- інструмент збірний, оснащений змінними багатограними пластинами;
- призначений для свердління та розсвердлювання отворів довжиною до $3xD$;
- пластини квадратної форми, виготовлені зі сплаву GC4344 та мають 4 ефективні різальні кромками;
- передбачена продуктивна евакуація стружки;
- забезпечення ненавантаженого різання та виникнення відносно малих сили різання;
- передбачено корпус із циліндричним хвостовиком, хвостовиком Coromant Capto або із адаптером типу VL;
- передбачено внутрішнє підведення ЗОТС.

Антивібраційний інструмент “CoroBore BR20” з двома різальними кромками (рис. 1.8) для чорнового розточування.

За діаметру інструменту $\varnothing 35$ мм, його довжина робочої частини може бути 221 мм, 270 мм та 297 мм.

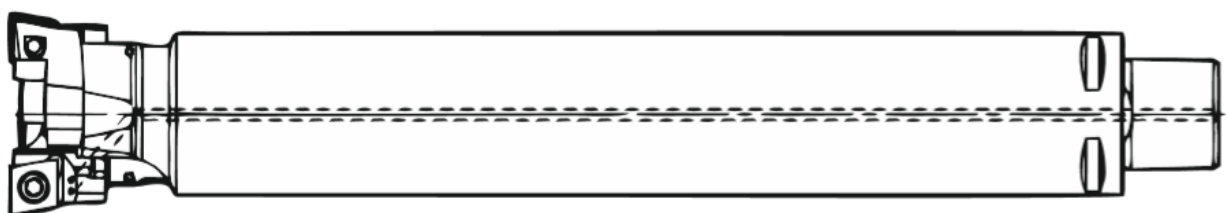


Рисунок 1.8 - Антивібраційний інструмент “CoroBore BR20” з двома різальними кромками [9, ст.268]

Особливості конструкції:

- інструмент збірний, оснащений змінними багатограними пластинами;
- призначений для звичайного, ступінчастого, оберненого та однолезвийного розточування отворів довжиною до $9xD$;
- можливі 2 виконання інструменту: з пластинами із 4 різальними кромками квадратної форми та з пластинами із 3 різальними кромками трикутної форми.
- передбачене швидке складання за допомогою вбудованої конструкції з повзуном та заглушкою за оберненого розточування;
- передбачене ступінчасте розточування без додаткової проставки;
- можливе регулювання діаметру в межах усталеного діапазону;
- передбачені хвостовик типу Coromant Capto або адаптер типу Coromant EH;
- передбачені вбудовані в повзун сопла для внутрішнього підведення ЗОТС.

Антивібраційний інструмент “CoroBore 825” (рис. 1.9) для чистового розточування.

За діаметру інструменту $\varnothing 35$ мм, довжина його робочої частини може бути 221 мм, 270 мм та 297 мм.

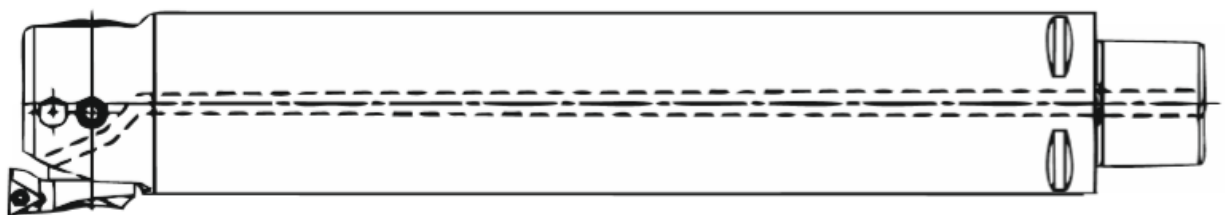


Рисунок 1.9 - Антивібраційний інструмент “CoroBore 825”

[9, ст. 306]

Особливості конструкції:

- інструмент збірний, оснащений змінними багатограними пластинами;
- призначений для звичайного та зворотного чистового розточування отворів довжиною до $9xD$;
- використання пластин трикутної форми;
- передбачено корпуси із циліндричним хвостовиком, хвостовиком типу Coromant Capto або з адаптером типу Coromant EH;
- передбачено внутрішнє підведення ЗОТС.

На основі попереднього аналізу інструментів можна виконати наступну їх класифікацію за такими ознаками:

1. За формою хвостовика

1.1 Циліндричний з лискою

1.2 Конічний з конусом Морзе

1.3 Конічний порожнистий HSK (конус 7:24)

1.4 Конічний цільний 7:24 з ручною зміною інструменту

1.5 Конічний цільний 7:24 з автоматичною зміною інструменту

1.6 Конічний Sandvik Coromant Capto

2. За можливістю регулювання діаметра

2.1 З регулюванням

2.2 Без регулювання

3. За формою пластини

3.1 Квадратні

3.2 Ромбічні

3.3 Прямокутні

3.4 Трикутні

3.5 Спеціальні

- 4. За матеріалом пластини (різальної частини):
 - 4.1 Кубічний нітрид бору (CNB)
 - 4.2 Твердий сплав без покриття
 - 4.3 Твердий сплав із покриттям
- 5. За кількістю зубів:
 - 5.1 Однозубі
 - 5.2 Двозубі
 - 5.3 Багатозубі
- 6. За формою на напрямком стружкової канавки
 - 6.1 Прямі
 - 6.2 Прямі з підточкою
 - 6.3 Гвинтові праві
 - 6.4 Гвинтові ліві
- 7. За способом підведенням ЗОТС
 - 7.1 Із внутрішнім підведенням
 - 7.2 Із зовнішнім вільно падаючим струменем
 - 7.3 Із напірним струменем
 - 7.4 Зі струменем повітряно-рідкої суміші
 - 7.5 Без використання ЗОТС
- 8. За видом обробки
 - 8.1 Для чорнової обробки
 - 8.2 Для чистової обробки

Розглянувши наведені конструкції та їх особливості для подальшої розробки інструменту оберемо за базову симбіоз інструментів CoroDrill DS20 та Vifix SR80, діапазон стандартних розмірів яких достатньо обмежений і не відповідає повністю заданій конфігурації отворів. Маючи

на меті забезпечення необхідної заданої продуктивності та точності обробки, можна обрати ряд характерних ознак для нового інструменту за результатами виконаного аналізу:

- за конструкцією інструмент повинен бути збірним (продовжує термін експлуатації та здешевлює виготовлення);
- за формою хвостовика - циліндричний з лискою або конічний з конусом Морзе (оскільки вони найбільш вживані і межах універсального обладнання та до них можливо застосування адаптерів типу VL або Sandvik Coromant EH) - на початковому етапі це не є пріоритетною задачею, крім того, визначення хвостовика вимагає проведення додаткового аналізу;
- за можливістю регулювання діаметру - без регулювання (оскільки додаткове навантаження на конструкцію зменшує її жорсткість, що у даному випадку неприпустимо);
- за формою многогранних різальних пластин - прямокутні, ромбічні, квадратні - остаточний вибір буде зроблений після додаткового аналізу;
- за матеріалом пластин - пластини із CBN (пластини із цього матеріалу мають найкращі показники обробки сталі 110Г13Л);
- за кількістю зубів - двозубий (найкраще збалансування сил різання та необхідної потужності обробки);
- за формою та напрямком стружкові канавки - пряма (оскільки це полегшує стружковиведення із зони різання);
- за способом підведення ЗОТС - без використання ЗОТС (оскільки оброблювана сталь 110Г13Л піддається швидкій корозії).

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЗЕНКЕРА

2.1 Вибір інструментального матеріалу

Для обробки групи марганцевих сталей Н21 рекомендується використовувати у якості інструментального матеріалу твердий сплав без покриття марки Н05, кермет марки ТН20 та сплав на основі кубічного нітриду бору (CBN) без покриття марок CBN300 (CB7025, MB825) та CBN500 (CB7125, MB8025).

Особливостями та сферами застосування наведених сплавів є:

- Н05 - даний сплав є сучасним аналогом сплаву Т30К4, використовується для напівчорнового та чистового точіння вуглецевих та легованих сталей із малим перерізом зрізу, розвертання отворів у незагартованих та загартованих вуглецевих сталях із твердістю 50-55 HRC, рекомендується в першу чергу для універсальної обробки титанових сплавів за різних режимів різання.
- ТН20 - застосовується для напівчистового та чистового точіння вуглецевих низьколегованих конструкційних сталей, кольорових металів на основі міді, низьколегованих сплавів нікеля, сірих чавунів та поліетилену. Також застосовується для напівчистового та чистового торцевого фрезерування деталей із чавунів, напівчистового та чистового точіння і фрезерування вуглецевих і легованих сталей з твердістю 30 - 45 HRC, хромистих, корозійно-стійких та жароміцних сталей із границею міцності 600-800 МПа.
- CBN300 - використовується для напівчистового та чистового точіння, оброблення канавок, нарізання різьб та фрезерування

складнооброблюваних матеріалів групи Н: вуглецевих, легованих сталей, чавунів, із твердістю 50-55 HRC.

- CBN500 - застосовується у випадках, коли необхідно забезпечити ще більшу міцність і зносостійкість сплаву, ніж у CBN300. Використовується для чорнової обробки твердих сталей та напівчистої і чистої обробки білих чавунів та високомарганцевих сталей.

У якості інструментального матеріалу обираємо серед рекомендованих сплав на основі кубічного нітриду бору CBN500 (CB7125, MB8025), оскільки він виявляє себе найкраще у випадку обробки марганцевих сталей [10, 17, 20, 21].

2.2 Вибір конструктивних елементів

2.2.1 Вибір хвостовика

Попередньо, в пункті 1.3, було обрано ряд характерних ознак нового інструменту на основі аналізу вже існуючих конструкцій. Хвостовик було вирішено прийняти циліндричним з лискою або конічним з конусом Морзе. Остаточний вибір визначається параметрами шпинделя верстата, де буде закріплений інструмент.

Попередньо розглядаємо можливість обробки деталі на вертикально-свердлильному або горизонтально-розточному верстаті. В обох випадках шпиндельний отвір є конічним, з конусом Морзе номерів 4, 5 або 6 залежно від модифікації верстату. Розміри даних конусів наведено на рис. 2.1 та в табл. 2.1 [13].

Конуси 7:24 та метричні інструментальні конуси з конусністю 1:20 застосування в даному випадку, навіть із адаптерами, не знаходять, оскільки їх розміри (діаметри) значно перевищують діаметр

проектowanego інструменту, що може негативно позначитись під час безпосередньої обробки та вимагає підвищеного, не виправданого, використання матеріалу.

В обох верстатах передбачено використання конусів з лискою для полегшення виштовхування інструменту зі шпинделя за допомогою клина.

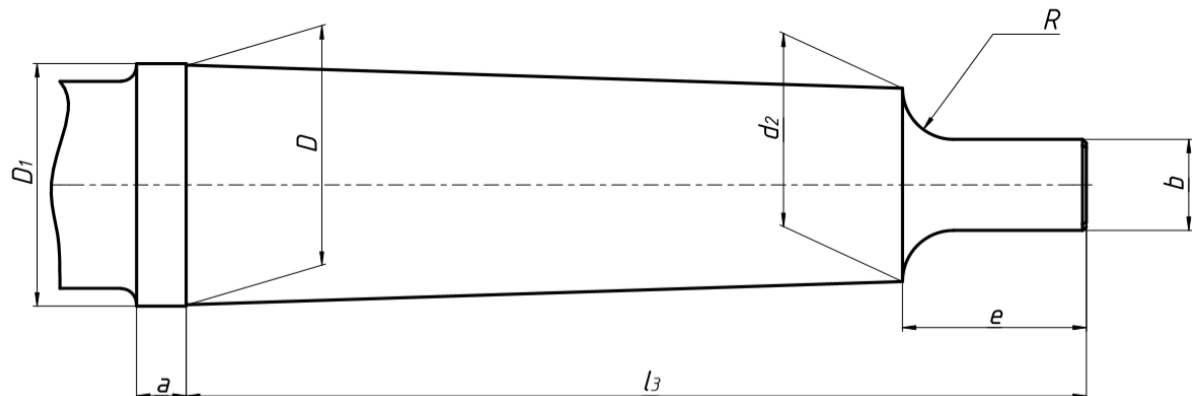


Рисунок 2.1 - Основні розміри зовнішніх конусів Морзе

Таблиця 2.1 - Розміри конусів Морзе за ГОСТ 25557-82 номерів 3, 4, 5, 6

Номер конуса	Конусність	D, мм	a, мм	D ₁ , мм	b, мм	e, мм	d ₂ , мм	l _{3max} , мм	R _{max} , мм
3	1:19,922 = 0,05020	23,825	5	24,1	7,9	20	19,1	94	7
4	1:19,254 = 0,05194	31,267	6,5	31,6	11,9	24	25,2	117,5	8
5	1:19,002 = 0,05263	44,399	6,5	44,7	15,9	29	36,5	149,5	10
6	1:19,180 = 0,05214	63,348	8	63,8	19	40	52,4	210	13

Визначення розміру хвостового конусу та його номеру виконується за умови передачі ним крутного моменту, та визначається за формулою:

$$D + d = \frac{4P_o}{M_{кр}}, \quad (2.1)$$

де D, d - більший та менший діаметри конуса відповідно, мм;

P_o - осьове зусилля, що виникає в процесі різання, Н;

$M_{кр}$ - крутний момент, що виникає в процесі різання, Н · м.

Крутний момент $M_{кр}$, Н · м та осьове зусилля P_o , Н при
зенкеруванні визначається за формулою [16, ст. 277] :

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p, \quad (2.2)$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p, \quad (2.3)$$

де C_M, C_p - емпіричні коефіцієнти, визначаються таблично;

q, x, y - показники степеня, визначаються таблично;

D - діаметр інструменту, $D = 34$ мм ;

t - глибина різання, $t = 3$ мм ;

s - подача, $s = 1$ мм/об [16, ст. 277, табл. 26];

K_p - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки та залежить від матеріалу оброблюваної деталі.

Коефіцієнт K_p в даному випадку визначається наступним виразом
[16, ст. 264, табл. 9]:

$$K_p = K_{Mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{0,6}, \quad (2.4)$$

і для марганцевої сталі при твердості HB 200 буде дорівнювати:

$$K_p = K_{Mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{0,6} = \left(\frac{200}{190} \right)^{0,6} = 1,032.$$

Значення емпіричних коефіцієнтів для розрахунку крутного моменту: $C_M = 0,196$, $q = 0,85$, $x = 0,8$, $y = 0,7$ [16, ст. 281, табл. 32].

Тоді крутний момент $M_{кр}$:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,196 \cdot 34^{0,85} \cdot 3^{0,8} \cdot 1^{0,7} \cdot 1,032 = 97,516 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Значення емпіричних коефіцієнтів для розрахунку осьового зусилля: $C_P = 46$, $x = 1,0$, $y = 0,4$ [16, ст. 281, табл. 32].

Тоді осьове зусилля P_o :

$$P_o = 10 \cdot 46 \cdot 3^1 \cdot 1^{0,4} \cdot 1,032 = 1423,125 \text{ Н} \quad (2.5)$$

Визначаємо розмір хвостового конусу:

$$D + d = \frac{4 \cdot 1423,125}{97,516} = 58,375 \text{ мм}.$$

Порівнюємо отримане значення із реальними значеннями сум діаметрів внутрішніх конусів за ГОСТ 25557-82:

конус Морзе 3: $D + d = 23,825 + 20,2 = 44,024 \text{ мм}$;

конус Морзе 4: $D + d = 31,267 + 26,5 = 57,767 \text{ мм}$;

конус Морзе 5: $D + d = 44,399 + 38,2 = 82,599 \text{ мм}$;

Підсумовуючи, за результатами розрахунку та порівняння бачимо, що найбільш наближене значення до вирахованого має конус Морзе номер 4. Отже обираємо конус Морзе номер 4 із позначенням Морзе 4 АТ6 ГОСТ 25557-82.

2.2.2 Вибір способу підведення ЗОТС

Провівши попередній аналіз групи марганцевих сталей та їх обробку різанням в пунктах 1.2.1 та 1.2.2 відповідно було виявлено, що під час використання охолоджувальної рідини оброблювані поверхні та

стружка піддаються швидкій корозії. Згідно з цим вирішено обробляти задану поверхню без використання ЗОТС.

2.2.3 Вибір параметрів стебла

Серед попередньо обраних характерних ознак проектного інструменту є ті, що впливають на параметри та конфігурацію стебла. До них відноситься можливість регулювання діаметру, тип і напрямок стружкових канавок та кількість зубів інструменту. Також до параметрів стебла відносять матеріал, довжину, діаметр та форму його поперечного перерізу.

Згідно до пункту 1.3 стебло можливо виконати таким чином, аби його діаметр змінювався в певному діапазоні значень. Оскільки наявність такої функції значно ускладнює процес його виготовлення та зменшує загальну жорсткість конструкції, що в нашому випадку є неприпустимим - уникаємо можливості регулювання діаметру інструменту.

Стружкові канавки за формою та напрямком можуть бути прямі, прямі з підточкою, гвинтові праві або гвинтові ліві (рис. 2.2).

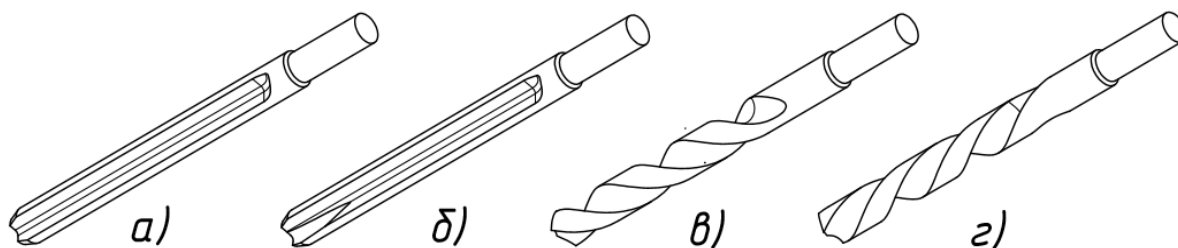


Рисунок 2.2 - Форма гвинтових канавок:

а) - прямі; б) - прямі з підточкою; в) - гвинтові праві; г) - гвинтові ліві.

Потреба у використанні канавок із підточкою виникає у випадках наскрізної обробки отворів у пластичних матеріалах, оскільки підточка

служує для виведення зливної стружки через ще не оброблену частину поверхні (низ).

Гвинтові стружкові канавки використовуються переважно для обробки поверхонь із нерівномірною формою (наявність прорізів, вікон тощо) аби забезпечити плавне неодночасне врізання ріжучих зубів в матеріал. Друге застосування гвинтових канавок - керування напрямом сходу стружки. Напрямок гвинтових стружкових канавок визначається конфігурацією отвору: лівий напрям для наскрізних отворів, а правий - для глухих.

Для проектного інструменту обираємо стружкову канавку прямої форми, оскільки це значно полегшує стружковиведення марганцевої сталі - переважна її кількість рухатиметься вниз. Кількість стружкових канавок відповідає кількості зубів інструменту, тобто у двозубого інструменту канавки буде дві. Обрана кількість зубів зумовлена прямопропорційною залежністю між потужністю обробки та силами різання, що виникають в процесі: зі збільшенням кількості зубів збільшується і потужність обробки, а це, в свою чергу зменшує ряд верстатів, на яких інструмент можна використовувати. Також варто відмітити, що стружкові канавки такі, що знаходяться під кутом до осі інструменту, тобто мають зворотну конусність із кутом 30° на сторону. Це зумовлено необхідним збільшенням жорсткості інструменту за допомогою збільшення діаметру серцевини стебла.

Форма поперечного перерізу визначається формою оброблюваної поверхні та умовами її обробки. Осьовий інструмент в перерізі, без урахування стружкових канавок, може бути круглої форми або ж у мати форму кільця: симетричного або несиметричного (рис. 2.3).

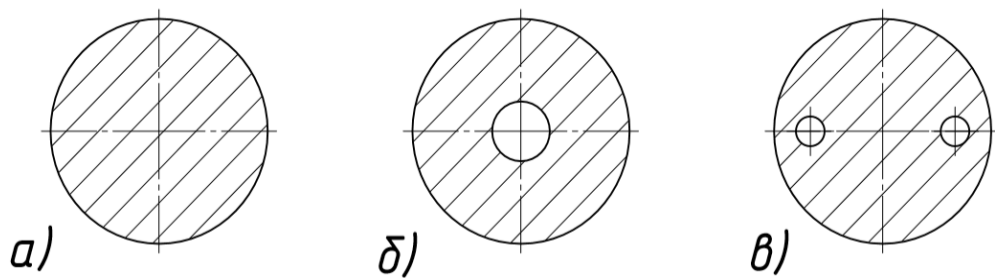


Рисунок 2.3 - Форма поперечного перерізу стебла:

а) - кругла; б) - симетричного кільця; в) - несиметричного кільця.

Оскільки форми кільця застосовуються зазвичай у випадку внутрішнього підведення охолоджувальної рідини, а, як було вказано в пункті 2.2.2 - обробка виконується без використання ЗОТС - обираємо формою поперечного перерізу круг.

Довжина та діаметр стебла проектного інструменту визначаються конструктивно, виходячи з початкових умов оброблюваної поверхні. Оскільки довжина оброблюваного отвору сягає 218 мм приймаємо довжину стебла з урахуванням вильоту та канавки для виходу шліфувального круга 280 мм із нормального ряду Ra40 за ГОСТ 6636-69. Діаметр стебла за умови збільшення діаметру отвору до 34 мм приймаємо 32 мм із ряду Ra40 за ГОСТ 6636-69. Обрані форма та габаритні розміри стебла вказані на рисунку 2.2.

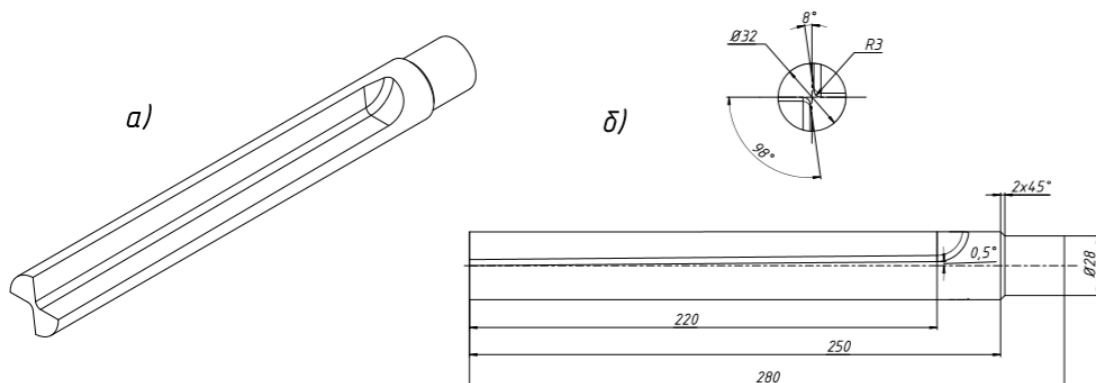


Рисунок 2.2 - Форма та габаритні розміри стебла:

а) - ізометричний вид; б) - проекційний вид.

Вибір матеріалу стебла базувався на необхідності збереження геометрії та точності пазів, в яких закріплюються пластини, та його зносостійкості, крім того матеріал повинен мати високі показники міцності при згині, крученні та контактному навантаженні. Згідно до зазначених вимог матеріалом стебла зенкера обираємо леговану інструментальну сталь 9ХС за ГОСТ 5950-2000, хімічні та фізико-механічні властивості якої наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Хімічні властивості сталі 9ХС [15]

Марка сталі	Хімічні властивості					
	Вміст, %					
	C	Si	Mn	Cr	Ni	V
	0,85-0,95	1,20-1,60	0,30-0,60	0,95-1,25	<0,04	<0,15
9ХС	Фізико-механічні властивості					
	Тимчасовий опір, σ_b , МПа	Межа текучості, σ_t , МПа	Відносне подовження, δ , %	Відносне звуження, ψ , %	Ударна в'язкість, КСУ, кДж/м ²	Твердість, НВ ⁻¹ , МПа
	790	445	26	54	390	241

2.2.4 Вибір конструкції різальної частини

Головним елементом інструменту є різальна частина. У випадку проєктованого зенкера вона представлена у вигляді змінних багатограних пластини, що закріплюються механічно.

Попередньо, під час аналізу існуючих конструкцій в пункті 1.3, вибір зупинився на пластинах, що мають чотири сторони: квадратних, прямокутних і ромбічних (рис. 2.4) Обиратимемо пластини серед тих форм і розмірів, які надають фірми-виробники, адже це значно спрощує їх майбутню заміну.

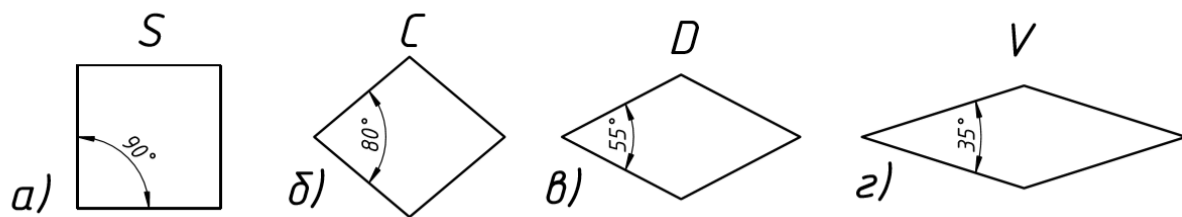


Рисунок 2.4 - Форми чотиригранних пластин

Вибір форми пластини здійснюється на базі аналізу умов, у яких пластина використовуватиметься. Застосування чотиристоронніх пластин:

- квадратні, форма S (рис. 2.4, а): мають невеликий кут в плані, за рахунок міцності широко застосовуються для чорнової, переривчастої обробки та твердого точіння [18].
- ромбічні, із кутом загострення 80°, форма C (рис. 2.4, б): універсальні пластини із великим кутом в плані, застосовуються для чорнової, легкої чорнової та напівчистої обробки, а також для переривчастої обробки з обмеженою потужністю [18, ст. А14].
- ромбічні, із кутом загострення 55°, форма D (рис. 2.4, в): універсальні пластини, із великим кутом в плані застосовуються для легкої чорнової, напівчистої та чистої обробки із обмеженою потужністю та за умови виникнення вібрацій [18, ст. А14].
- ромбічні, із кутом загострення 35°, форма V (рис. 2.4, г): застосовуються для чистої обробки при обмеженій потужності та за умови виникнення вібрацій [18, ст. А14].

Обираємо ромбічну пластину із кутом загострення 80°.

Змінні багатогранні пластини можуть бути негативними та позитивними (рис. 2.5).

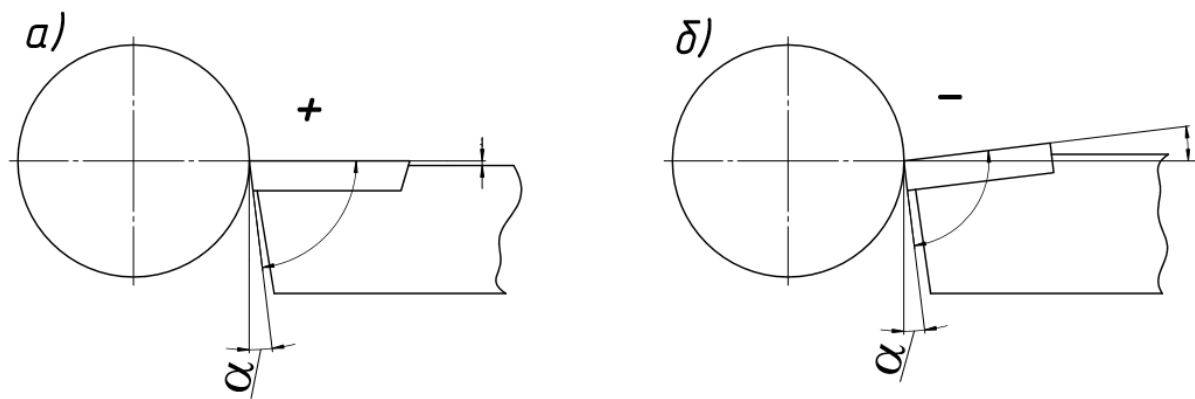


Рисунок 2.5 - Тип пластин:

а) - позитивні; б) - негативні.

Позитивні пластини (рис. 2.5, а) - односторонні, із кутом загострення менше 90° та із заднім кутом 7° або 11° . Їх використання значно зменшує сили різання, що виникають в процесі. Застосовуються такі пластини як для зовнішнього, так і для внутрішнього точіння переважно нежорстких деталей та обробки відносно малих діаметрів [19, ст. А30].

Негативні пластини (рис. 2.5, б) можуть бути як односторонніми, так і двосторонніми. Кут різального клину (загострення) в таких пластин переважно дорівнює 90° , а задній кут - 0° . Для них характерна висока міцність різальної кромки. Найширше застосування знайшли у випадку зовнішнього точіння за тяжких умов різання [19, ст. А30].

Отже, обираємо позитивні різальні пластини із заднім кутом 7° .

Розмір пластини визначається розміром вписаного в неї кола та залежить від глибини різання. За глибини різання $t = 3$ мм пропонуються пластини розмірів 09, 12, 16, 19, 25 [20, ст. А16]. Аби підвищити стійкість різальних кромки та подовжити термін експлуатації, варто обирати пластини більшого розміру.

Зважаючи на обраний попередньо матеріал різальної частини, форму пластини та наявність заднього кута обираємо пластини NP-CCGW120408GA2 фірми Mitsubishi зі сплаву MB8025 [21, ст. B034], який є аналогом сплаву CBN500 (фірма Seco), розміром 12, із радіусом при вершині 0,8 мм (рис. 2.6) та класом точності G.

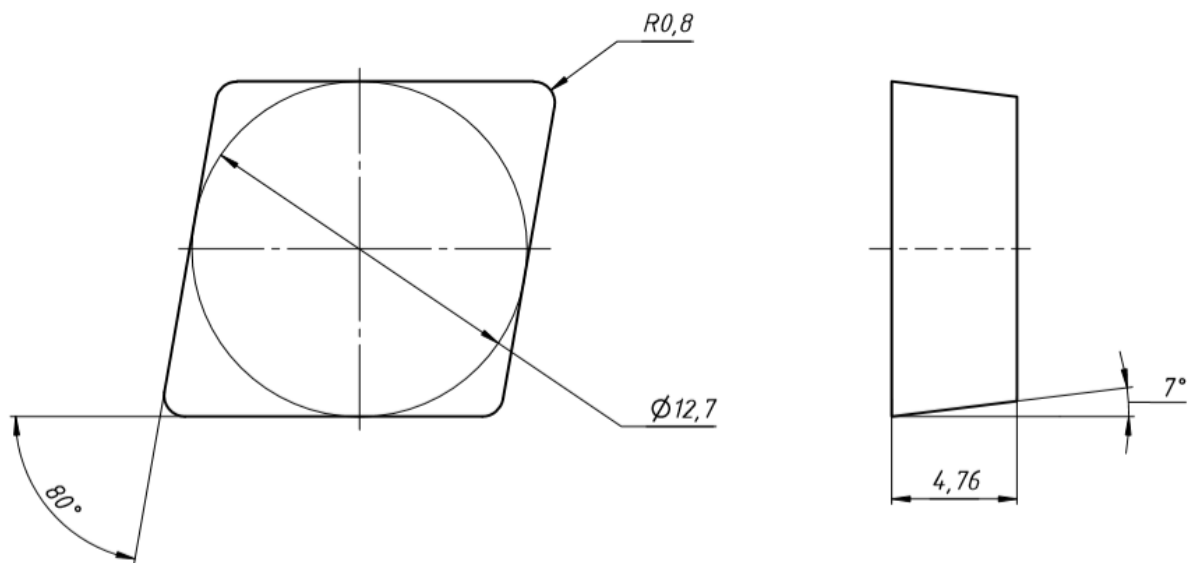


Рисунок 2.6 - Параметри обраної чотиригранної пластини

2.2.5 Вибір способу кріплення різальної частини

Кріплення пластини до корпусу інструменту може бути за допомогою напаявання, зварювання, спеціальних притискачів та/або спеціальних гвинтів. Оскільки мова йде про проектування збірного зенкеру - одразу відкидаємо можливість напаявання або приварювання пластин до корпусу, адже це вимагає більших витрат часу на перевстановлення пластин під час обробки, а також може значною мірою їх пошкодити. Крім того такі методи закріплення знижують точність інструменту, яка в нашому випадку є пріоритетною.

Серед механічних способів кріплення змінних багатогранних пластин існують (рис. 2.7) кріплення:

- притискачем зверху (рис. 2.7, а);
- важелем за отвір (рис. 2.7, б);
- притискачем зверху та піджимом через отвір (рис. 2.7, в);
- клином-прихватом (рис. 2.7, г);
- гвинтом (рис. 2.7, д);
- особливо підвищеної жорсткості (рис. 2.7, е).

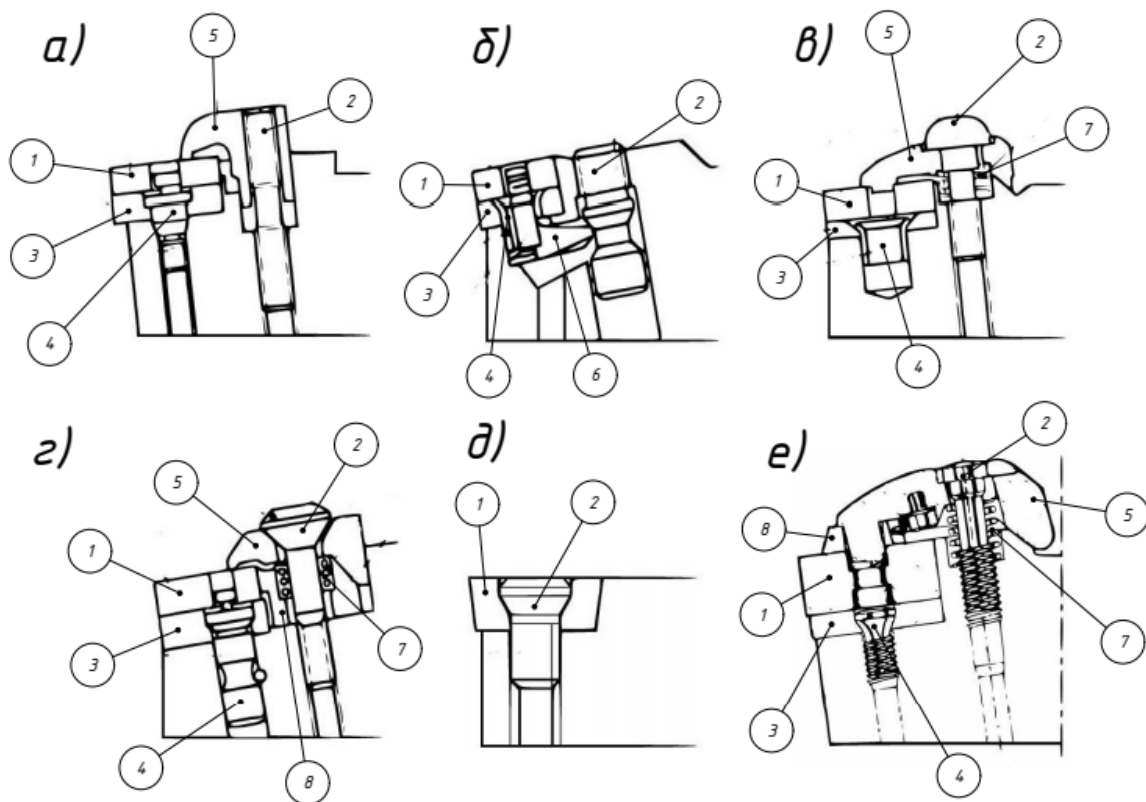


Рисунок 2.7 - Механічні способи кріплення пластин [21, ст. С007]:

1 - різальна пластина; 2 - кріпильний гвинт; 3 - опорна пластина; 4 - штифт опорної пластини; 5 - прихват, притискач; 6 - важіль; 7- пружина; 8 - опора.

Кріплення притискачем зверху (рис. 2.7, а) використовується переважно для напівчистої та чистої обробки. Дане кріплення використовується в парі із позитивними та негативними пластинами без

отворів або із негативними пластинами з отворами та забезпечує їх жорстке стабільне закріплення.

Кріплення L-подібним важелем за отвір (рис. 2.7, б) переважно застосовується в умовах чистової та напівчистової обробки. Використовується для закріплення односторонніх або двосторонніх пластин без задніх кутів. Має високу точність посадочного пазу та затискного важеля, а також просту систему заміни пластин.

Кріплення притискачем зверху та піджимом через отвір (рис. 2.7, в) призначене для закріплення односторонніх пластин без задніх кутів за умови напівчистової та чистової обробки. Для даного способу характерні висока жорсткість та надійність кріплення; характерним також є одночасне прикладання сил, що направлені всередину гнізда, та сил, які притискають пластину. Таке кріплення забезпечує стійкість до виникнення вібрацій, точність позиціонування, експлуатаційну надійність в тяжких умовах різання та просту систему кріплення пластини за допомогою одного гвинта.

Кріплення за допомогою клину-прихвату (рис. 2.7, г) переважно використовується для закріплення трикутних пластин без задніх кутів при профільній обробці та поздовжньому точінні. Також даний метод кріплення застосовується для закріплення негативних пластин з отвором при напівчорновому та чорновому точінні. Основна перевага такого способу кріплення полягають у відсутності притискача зверху, що забезпечує вільний схід стружки.

Кріплення гвинтом (рис. 2.7, д) переважно застосовується для закріплення пластин з тороїдним отвором на інструментах невеликих габаритів. Такий метод є жорстким, надійним, компактним та забезпечує простір для вільного сходу стружки. Найширше використання метод має

у випадках тонкого і чистового точіння пластинами із задніми кутами 5° та 7° та 11° . Головною перевагою методу є мінімальна кількість складальних деталей.

Кріплення підвищеної жорсткості (рис. 2.7, е) використовують переважно для закріплення пластин різних форм та конструкцій із особливо крихких матеріалів, таких як металокераміка та кубічний нітрид бора. Закріпленими можуть бути пластини із кубічного нітриду бора з циліндричним отвором без задніх кутів та/або керамічні пластини без отворів. Дане кріплення рекомендується при обробці жароміцних сплавів та чавунів.

Вибір способу закріплення основним чином повинен базуватись на розумінні того, що сили різання повинні сприйматися жорсткими опорами корпусу інструменту, а напрямок сили затиску повинен співпадати з основним напрямком сили різання [16].

Проаналізувавши наведені вище конструкції та вимоги до закріплення пластини було вирішено прийняти спосіб кріплення гвинтом, за якого пластина базуватиметься в кутовий паз, оскільки він не перенавантажує конструкцію інструменту, є жорстким та не ускладнює вихід стружки. У попередньо обраній пластині наявний тороїдальний отвір, що з легкістю дозволить нам закріпити її гвинтом. Гвинт обираємо такий, який пропонує фірма-виробник пластини: гвинт кріпильний TS5 із різзю M5x0,8 та розміром під ключ T25 [21, ст. M007].

2.3 Вибір геометричних параметрів

Оскільки інструмент збірний, і різальною частиною в ньому виступає змінна багатогранна пластина - передні та задні кути визначаються типом обраної пластини. Як зазначено в пункті 2.2.4 -

обрана пластина - позитивна, її задній кут складає 7° ; передній кут пластини дорівнює 0° (рис.2.8, а).

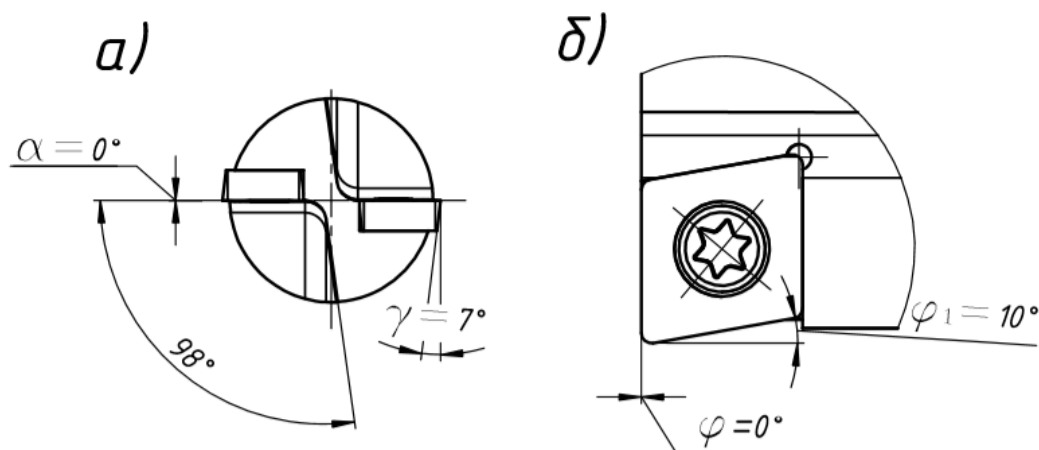


Рисунок 2.8 - Геометричні параметри різальної пластини

Такі геометричні параметри як головний кут в плані, та допоміжний кут в плані було вирішено обрати наступними: кут $\varphi = 0^\circ$ - це дозволяє нам сумістити одну із кромek пластини із торцевою поверхнею інструменту, таким чином, враховуючи кут при вершині пластини, допоміжний кут в плані $\varphi_1 = 10^\circ$ (рис. 2.8, б).

Аби забезпечити рівномірну роботу та зношення пластин, а також полегшити конструкцію інструменту - обираємо їх розміщення радіальним, а оскільки різальних зубів два, то розташування пластин буде в діаметральній площині інструменту.

2.4. Вибір параметрів точності зенкера

2.4.1 Розрахунок похибки базування різальної пластини

Як було зазначено вище, пластина встановлюється в кутовий паз та закріплюється гвинтом в корпусі інструменту. Для визначення похибки базування різальної пластини необхідно скласти розмірний ланцюг, який

визначає положення вершини різальної пластини залежно від розмірів деталей інструменту (рис. 2.9) [22].

Похибку базування різальної пластини визначають шляхом додавання допусків складових ланок за ймовірнісним методом. Загальна формула визначення похибки базування пластини Δ_{yR} , мкм яка закріплюється гвинтом має вигляд [22]:

$$\Delta_{yR} = (\sqrt{T_{0,5d}^2 + T_m^2 + (T_{0,5d} \cdot \sin(\frac{\varepsilon}{2}) \cdot \cos(\gamma_1) + T_s \cdot \sin(\gamma_1)) \cdot \cos(\mu)}, \quad (2.6)$$

де $T_{0,5d}$ - допуск на половину діаметру вписаного кола, мкм;

T_m - допуск на розмір m пластини, мкм;

T_s - допуск на товщину s пластини, мкм;

ε - кут при вершині різальної пластини, град;

γ_1 - кут в площині $I-I$, град;

μ - кут між напрямком похибки та радіальним напрямком, град.

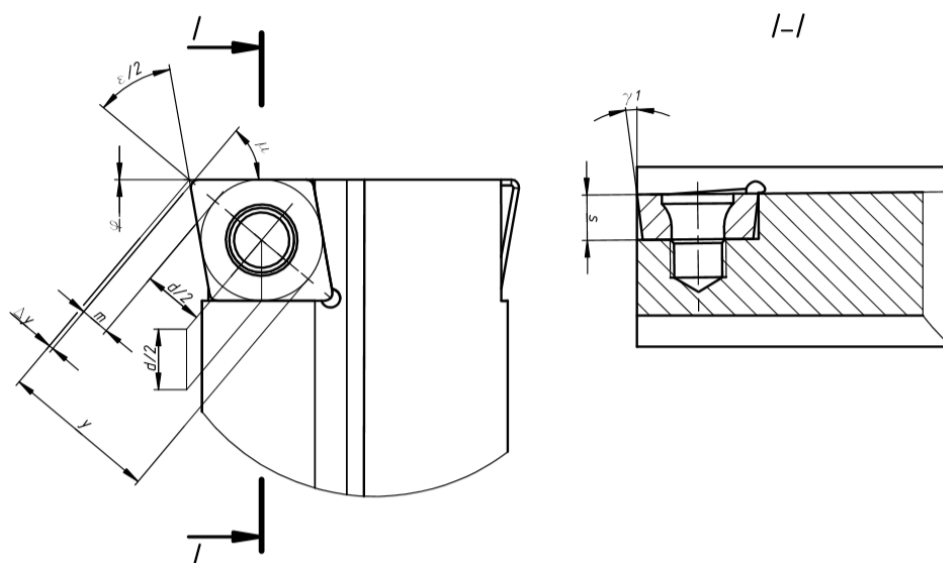


Рисунок 2.9 - Розрахункова схема визначення похибки базування

Допуски на розміри пластини мають значення [21, ст. В002; 22, ст. 58]:

допуск на половину діаметра вписаного кола: $T_{0,5d} = 50$ мкм;

допуск на розмір m пластини: $T_m = 50$ мкм;

допуск на товщину s пластини: $T_s = 26$ мкм.

Кут при вершині різальної пластини $\varepsilon = 80^\circ$ (пункт 2.2.4).

Кут γ_1 в площині $I - I$ визначається за формулою:

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos \varphi + \operatorname{tg} \lambda \cdot \sin \varphi \quad (2.7)$$

Головний кут в плані $\varphi = 0^\circ$, кут нахилу різальної кромки $\lambda = 0^\circ$ (пункт 2.3, рис. 2.8).

Тоді за формулою 2.7 кут γ_1 в площині $I - I$ буде:

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \operatorname{tg} 7^\circ \cdot \cos 0^\circ + \operatorname{tg} 0^\circ \cdot \sin 0^\circ = \operatorname{tg} 7^\circ, \text{ звідки } \gamma_1 = 7^\circ.$$

Кут μ між напрямком похибки та радіальним напрямком визначається за формулою:

$$\mu = 90^\circ - \left(\varphi + \frac{\varepsilon}{2} \right) \quad (2.8)$$

Тоді в нашому випадку кут μ матиме значення:

$$\mu = 90^\circ - \left(0 + \frac{80^\circ}{2} \right) = 50^\circ.$$

Підставляючи всі значення в формулу 2.6 матимемо:

$$\Delta_{yR} = \left(\sqrt{50^2 + 50^2 + \left(50 \cdot \sin\left(\frac{80^\circ}{2}\right) \cdot \cos(7^\circ) + 26 \cdot \sin(7^\circ) \right) \cdot \cos(50^\circ)} \right) = \quad (2.9) \\ = 52,6 \text{ мкм.}$$

Визначивши похибку базування Δ_{yR} можна перевірити, чи задовольняє обраний тип закріплення та розташування пластини допуск на заданий отвір T_D . Умова забезпечення допуску:

$$2 \cdot \Delta_{yR} \leq T_D \quad (2.10)$$

$$2 \cdot 52,6 \leq 340 \Rightarrow 105,2 < 340,$$

тобто умова виконується: подвійна похибка базування пластини менше допуску на заданий отвір, а це означає, що обрана форма та розмір пластини і спосіб її закріплення в корпусі забезпечують заданий розмір.

2.4.2 Технічні вимоги до виготовлення зенкера

Твердість корпусу зенкера, виготовленого зі сталі 9ХС, повинна бути в межах 57...63 HRC_с.

Параметри шорсткості поверхонь зенкера за ГОСТ 2789-73 повинні бути:

поверхня конічного хвостовика - $Ra \leq 0,63$ мкм;

поверхні пазів під пластини - $Ra \leq 1,6$ мкм;

поверхні стружкових канавок, зовнішні поверхні корпусу - $Ra \leq 2,5$ мкм;

інших поверхні - $Ra \leq 6,3$ мкм;

На поверхнях пазів не повинно бути тріщин, завалів та викришених місць.

На поверхнях зенкеру не повинно бути слідів корозії.

Граничне відхилення діаметру зенкера, виміряне на початку робочої частини повинно відповідати полю допуску h8.

Граничне відхилення довжини по 11 квалітету.

Невказані граничні відхилення розмірів: отворів - по H14, валів - по h14, інші - по $\pm \frac{IT14}{2}$.

Допуски конуса Морзе зі ступінню точності АТ7 за ГОСТ 2848-75.

Зворотня конусність на 100 мм довжини повинна бути не більше 0,10 мм.

Допуск радіального биття зубів зенкера по всій довжині робочої частини відносно осі хвостовика повинне бути не більше 0,040 мм.

Інші технічні вимоги за ГОСТ 21542-76 та ГОСТ 12509-75.

2.5 Розробка 3D моделі корпусу

Наявність 3D моделі будь-якої деталі дозволяє краще дослідити її геометрію, виконати імітацію її роботи в різних умовах, розглянути велику кількість можливих способів її формоутворення. Сучасне верстатне обладнання з ЧПК дозволяє обробляти поверхні деталей шляхом синтезу їх 3D моделей та автоматичного написання програми обробки у спеціалізованих програмах.

Розробка 3D моделі корпусу зенкера виконувалась на базі обраних конструкційних та геометричних параметрів обраних та розрахованих раніше, а також креслення корпусу, наведеного в додатках.

Процес проектування відбувався в інженерному середовищі Autodesk Inventor 2020 і мав наступні етапи:

- створення тіла обертання корпусу;
- створення лапки хвостовика;
- створення стружкових канавок;
- створення пазів під пластини;
- створення отворів під кріпильні гвинти та різьби в них;
- створення фасок та радіусних об'єднань.

Кінцевим результатом є 3D модель, наведена на рис. 2.10.

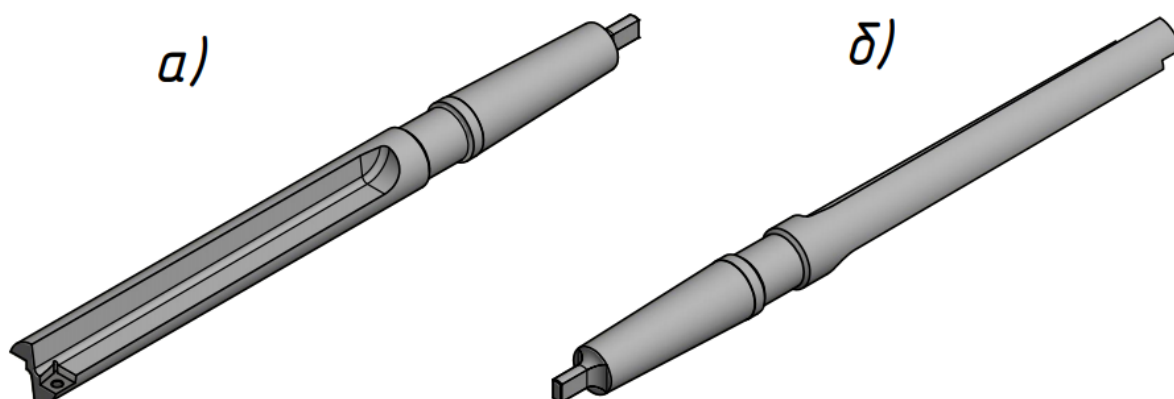


Рисунок 2.10 - 3D модель корпусу зенкера:

а) - ізометричний вид спереду; б) - ізометричний вид ззаду.

Створивши 3D модель корпусу наступним кроком було створення складальної 3D моделі зенкера. Розробка 3D моделі полягала у створенні 3D моделей пластин та гвинтів та їх встановлені у відповідні пази та отвори шляхом накладання залежностей. Розроблена 3D модель інструменту, яка виконувалась в середовищі Autodesk Inventor 2020, вказана на рисунку 2.11.

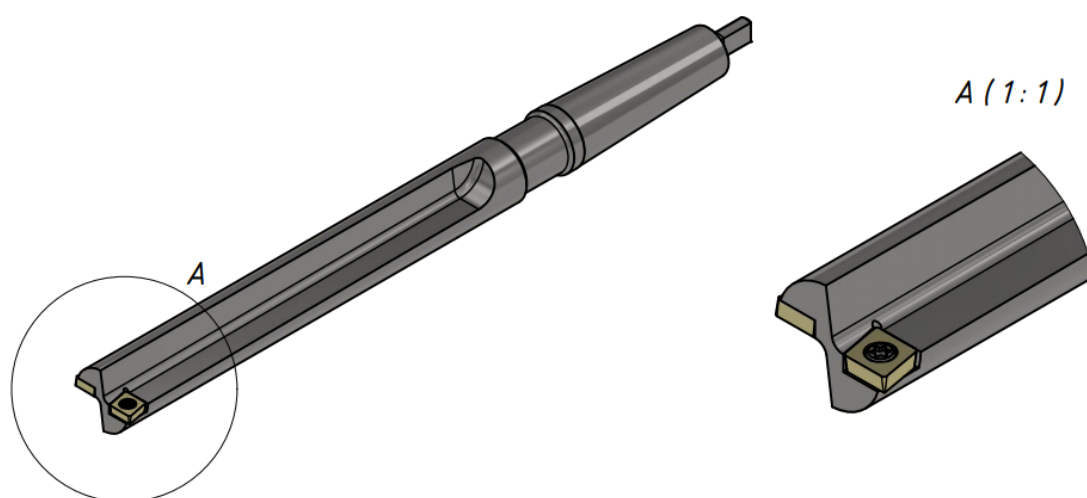


Рисунок 2.11 - Складальна 3D модель зенкера

Таким чином у ході роботи в даному розділі було обрано всі конструкційні та геометричні параметри, обрано матеріал, тип та форму різальної частини, спосіб її кріплення та розраховано похибку баузвання; встановлено точність зенкеру, призначено допуски та висунуто технічні вимоги до виготовлення інструменту.

Кінцевим результатом роботи даного розділу є креслення корпусу та складальне креслення інструменту, наведені в додатках, і також їх 3D модель.

3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ЗЕНКЕРА

3.1 Вибір заготовки

Процес виготовлення корпусу інструменту починається із визначення способу отримання, форми і розмірів заготовки. Оскільки проєктований зенкер - це осьовий інструмент, доцільно у якості заготовки використовувати прокат круглого перерізу - це значно зменшує вартість заготовки, а отже, і вартість інструменту в цілому. Розмір прокатного прутка обирається залежно від максимального діаметрального розміру корпусу: в даному випадку максимальним розміром є діаметр робочої частини інструменту - $\varnothing 32$ мм. Також, слід зауважити, що гарячекатаний прокат відрізняється значними відхиленнями по зовнішньому діаметру та овальності, тому у якості заготовки варто обирати прутки більшого діаметру, ніж рекомендується. У якості заготовки для діаметру інструменту 32 мм рекомендується обирати заготовку діаметром не менше ніж $\varnothing 35$ мм [23, ст. 286, дод. 1].

Таким чином обираємо розмір заготовки $\varnothing 36$ мм та довжиною 410 мм із точністю прокату А1 за ГОСТ 2590-2006 (рис. 3.1), з розрахунком на подальшу механічну обробку, із легованої інструментальної сталі 9ХС за ГОСТ 5950-2000 (пункт 2.2.3).

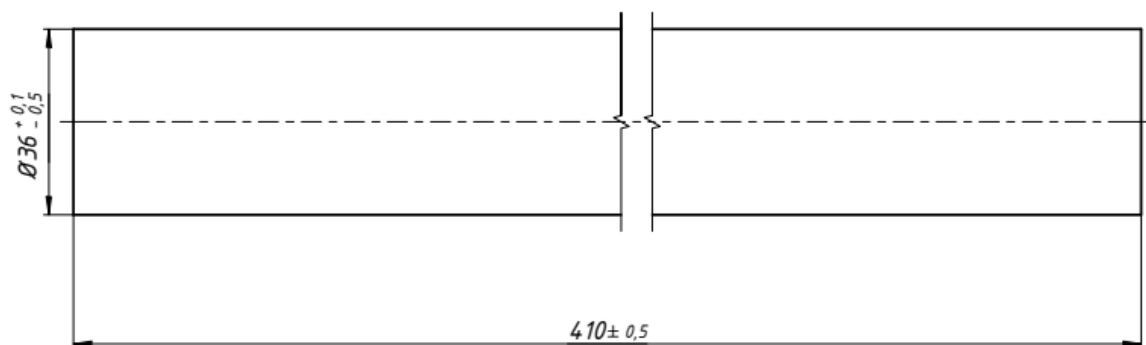


Рисунок 3.1 - Ескіз заготовки інструменту

3.2 Розробка технологічного процесу виготовлення корпусу

Технологічний процес виготовлення корпусу інструменту включає в себе заготівельні операції, операції механічної обробки та операції контролю. Доцільно використовувати вже існуючий, узагальнений базовий технологічний процес виготовлення хвостового осьового інструменту [23, ст. 224; 24 ст. 19]:

- 005 - відрізання заготовки для робочої частини на одну штуку;
- 010 - відрізання заготовки для хвостової частини на одну штуку;
- 015 - зачистка торців з двох сторін на заготовці робочої частини;
- 020 - зачистка торців з двох сторін на заготовці хвостової частини;
- 025 - проточування цапфи під зварювання;
- 030 - очистка заготовки піском;
- 035 - зварювання;
- 040 - відпал;
- 045 - підрізання торця з боку робочої частини;
- 050 - центрування з двох сторін;
- 055 - попереднє обточування робочої частини та частини шийки;
- 060 - попереднє обточування конічного хвостовика;
- 065 - обточування шийки;
- 070 - кінцеве обточування робочої частини;
- 075 - кінцеве обточування конічного хвостовика;
- 080 - обточування лапки;
- 085 - підрізання торця з боку лапки, зняття радіусу;
- 090 - підрізання торця з боку робочої частини, зняття фаски;
- 095 - фрезерування стружкових канавок;
- 100 - фрезерування лапки, зняття задирок на лапці;
- 105 - термічна обробка;

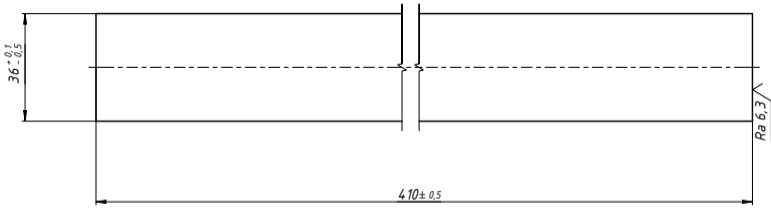
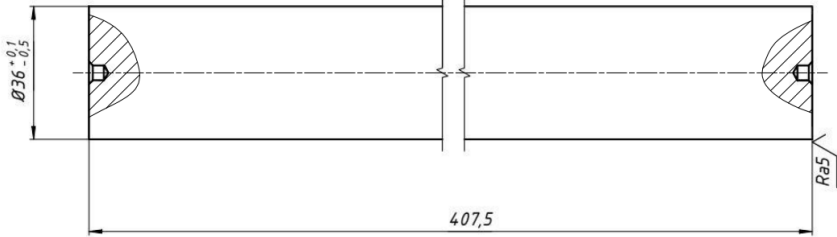
110 - шліфування центрових отворів;
 115 - попереднє шліфування хвостової частини;
 120 - шліфування шийки;
 125 - попереднє шліфування робочої частини;
 130 - кінцеве шліфування робочої частини;
 135 - кінцеве шліфування хвостовика;
 140 - шліфування заборного конуса на робочій частині;
 145 - 170 - загострення та доведення по зубів передніх, задніх поверхнях, по зовнішньому діаметру та на забірній частині.

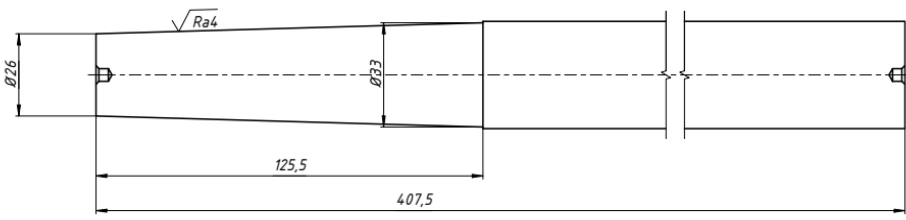
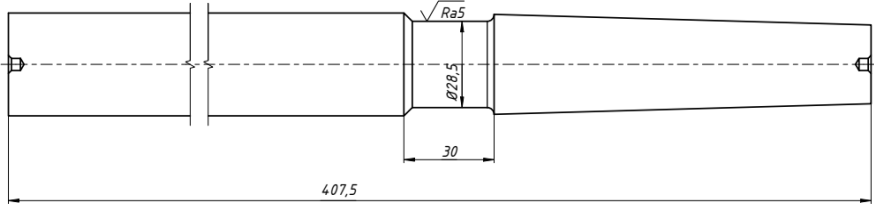
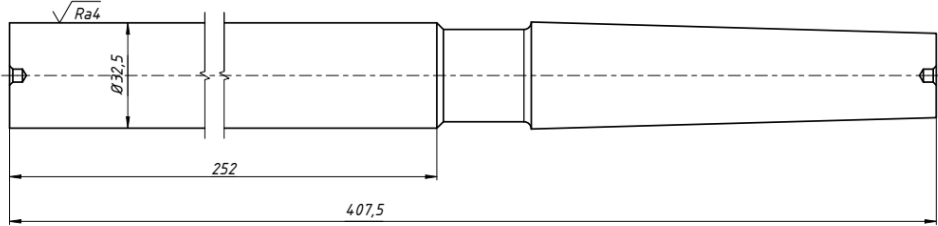
Розробляючи технологічний процес на основі наведеного вище було вирішено операції пов'язані із зварюванням відкинути, адже проєктований корпус інструменту - цілісний, за виключенням пластин із механічним кріпленням. Також варто відкинути операції, пов'язані із обробкою зубів, оскільки проєктований зенкер збірний. Проте на їх місце придуть такі операції як фрезерування пазу під багатогранну пластину, свердління отвору та нарізання різьби під кріпильний гвинт.

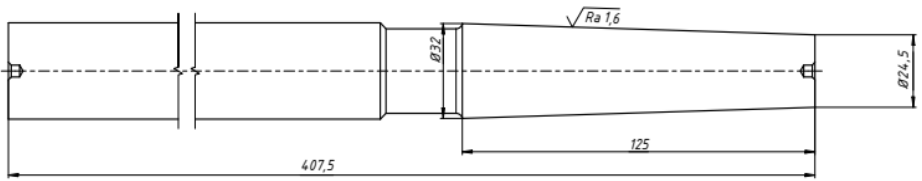
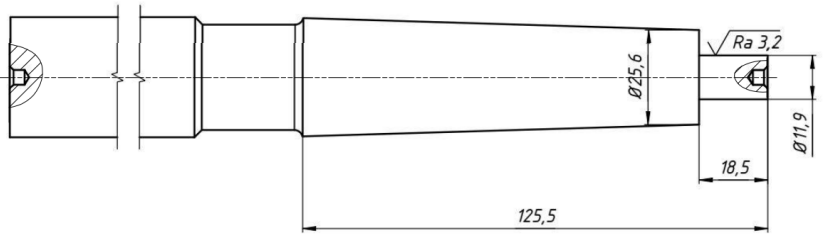
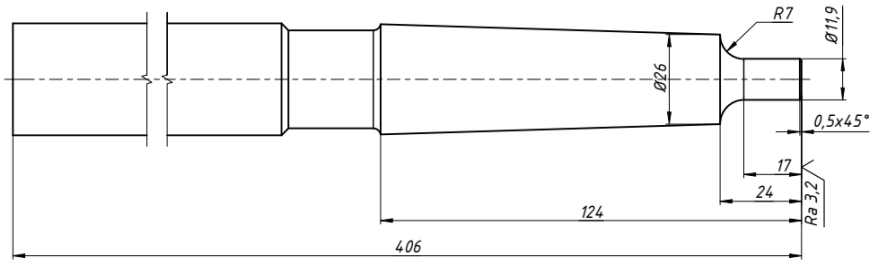
Таким чином, враховуючи всі наведені вище зміни розробку технологічного процесу можна звести до створення маршрутної-операційної технології виготовлення корпусу збірного зенкера, наведеної в таблиці 3.1.

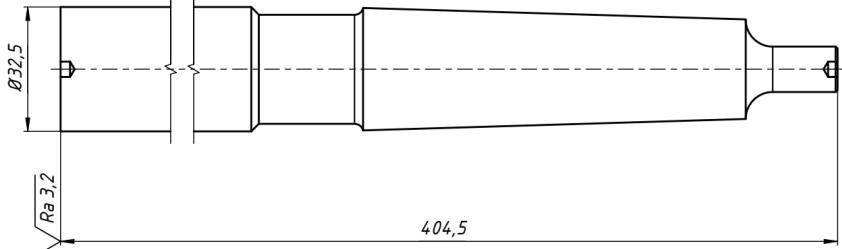
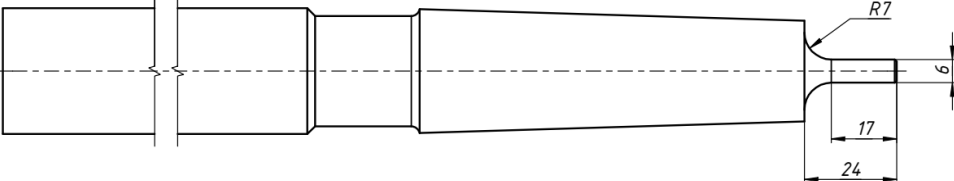
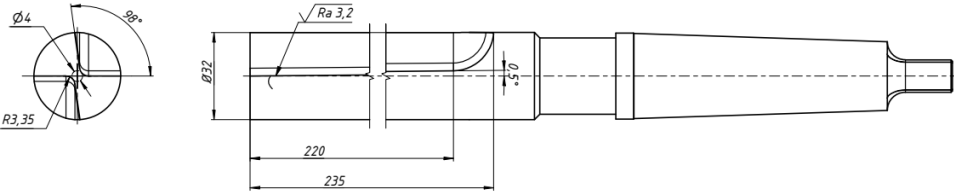
Таблиця 3.1 - Маршрутно-операційна технологія виготовлення корпусу

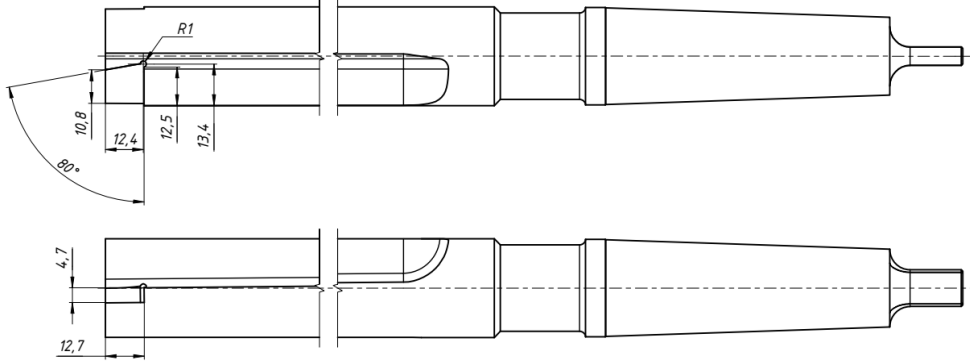
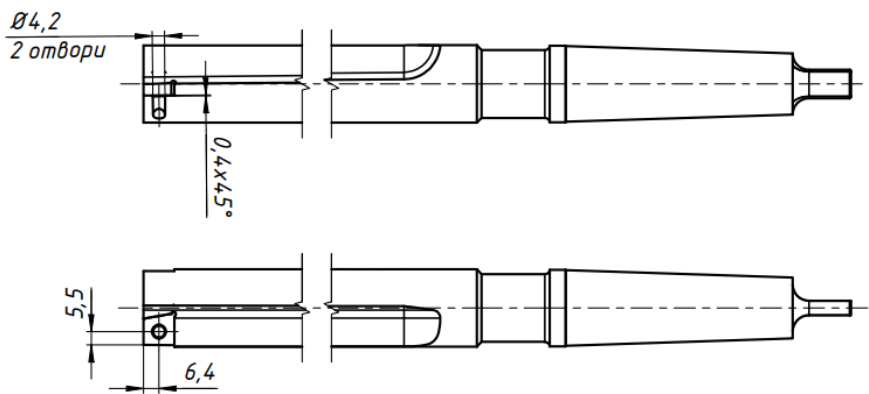
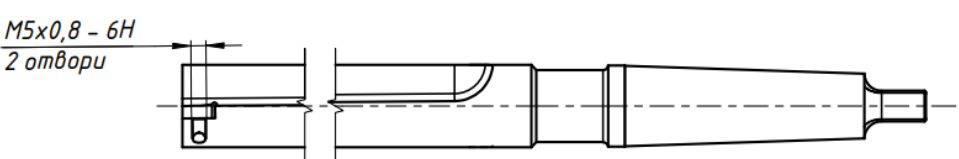
№ п/п	Назва операції	Опис операції	Верстат, інструмент	Пристосування, контрольний інструмент
005	Заготівельна. Відрізна	Відрізання заготовки \varnothing 36 мм на довжину 410 мм.	Верстат відрізний EM80 BLMGroup. Дискова пила за ГОСТ 2679-93	Трьохкулачковий патрон. Лінійка масштабна.

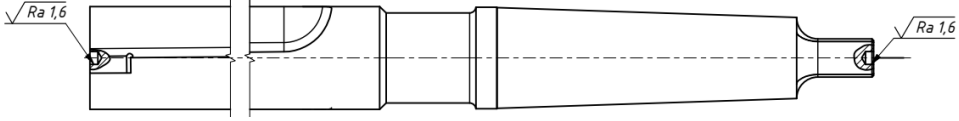
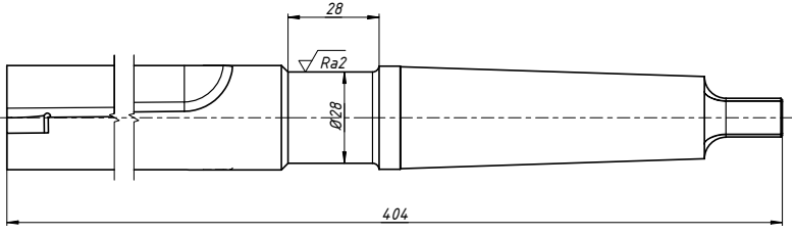
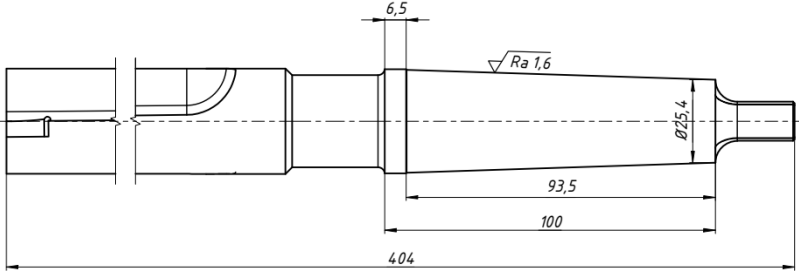
Ескіз операції				
010	Токарна. Свердлильна	Підрізання торця $\varnothing 36$ мм на величину 2,5 мм з боку робочої частини. Свердління центрувальних отворів за ГОСТ 14034-74.	Токарно-фрезерний центр Нуго ТММ 8і. Різець токарний підрізний за ГОСТ 26611- 85. Свердло спіральне за ГОСТ 10902-77.	Трьохкулачковий самоцентрівний патрон ГОСТ 2675-80. Штангенциркуль ГОСТ 166-89.
Ескіз операції				
015	Токарна	Попереднє обточування робочої частини та частини шийки на діаметр $\varnothing 34$ мм на довжину 282 мм.	Комбінований токарно-шліфувальний центр EMAG VTC 315 DS. Різець токарний прохідний відігнутий ГОСТ 24996-81.	Центра ГОСТ 13214-79. Штангенциркуль ГОСТ 166-89.
Ескіз операції				
020	Токарна	Попереднє обточування кінцевого хвостовика.	Комбінований токарно-шліфувальний центр EMAG VTC 315 DS. Різець токарний прохідний відігнутий ГОСТ 24996-81.	Центра ГОСТ 13214-79. Штангенциркуль ГОСТ 166-89.

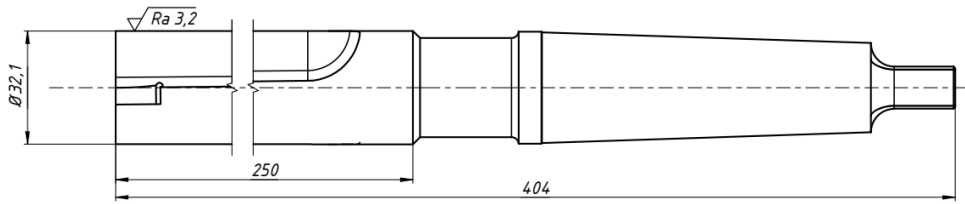
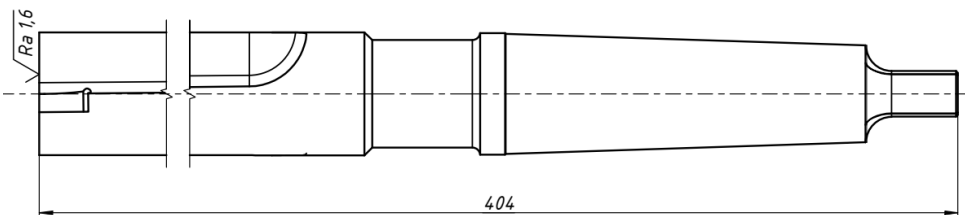
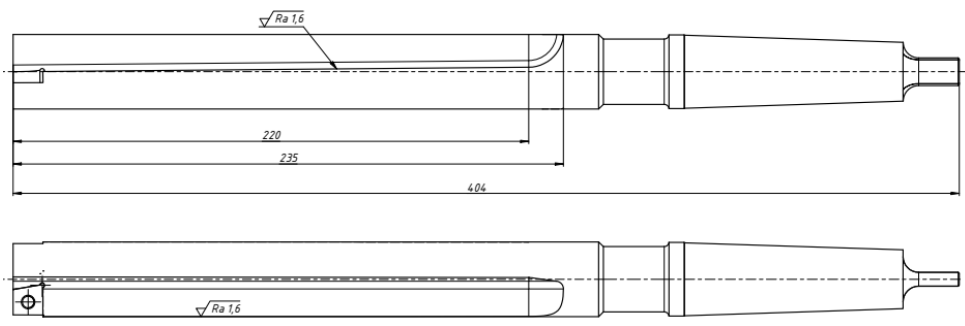
Ескіз операції				
025	Токарна	Обточування шийки з діаметру $\varnothing 34$ мм до діаметру $\varnothing 28,5$ мм.	Комбінований токарно-шліфувальний центр EMAG VTC 315 DS. Різець токарний прохідний відігнутий ГОСТ 24996-81.	Центра ГОСТ 13214-79. Штангенциркуль ГОСТ 166-89.
Ескіз операції				
030	Токарна	Кінцеве обточування робочої частини до діаметру $\varnothing 32,5$ мм на довжину 252 мм.	Комбінований токарно-шліфувальний центр EMAG VTC 315 DS. Різець токарний прохідний відігнутий ГОСТ 24996-81.	Центра ГОСТ 13214-79. Штангенциркуль ГОСТ 166-89.
Ескіз операції				
035	Токарна	Кінцеве обточування кінцевого хвостовика.	Комбінований токарно-шліфувальний центр EMAG VTC 315 DS. Різець токарний прохідний відігнутий ГОСТ 24996-81.	Центра ГОСТ 13214-79. Штангенциркуль ГОСТ 166-89. Профілометр PosiTector SPG.

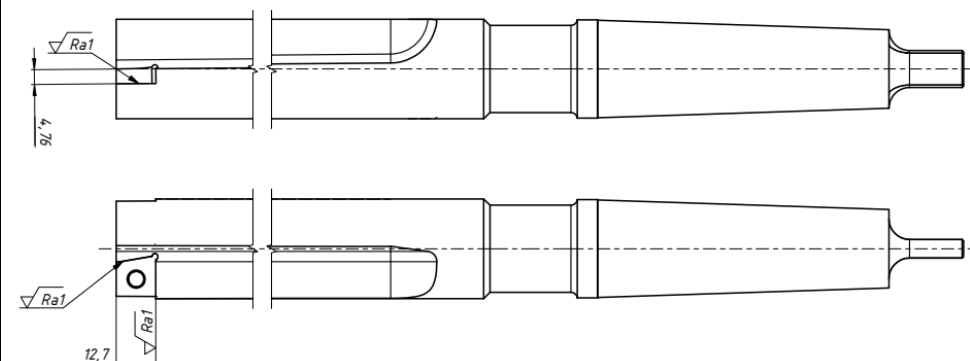
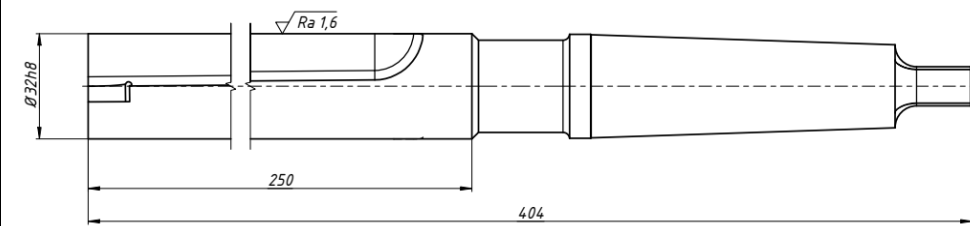
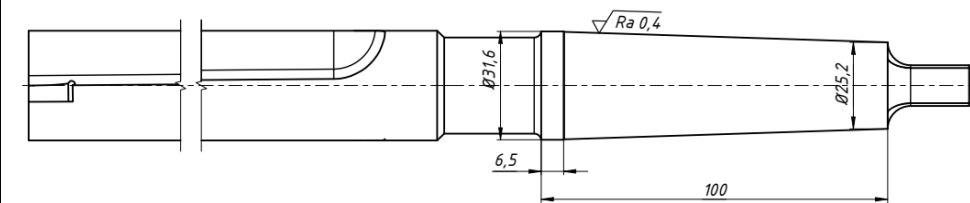
Ескіз операції				
040	Токарна	Обточування лапки на діаметр $\varnothing 11,9$ мм довжиною 18,5 мм.	Токарно-фрезерний центр Hurco TMM 8i. Різець токарний прохідний відігнутий ГОСТ 24996-81.	Центра ГОСТ 13214-79. Штангенциркуль ГОСТ 166-89.
Ескіз операції				
045	Токарна	Підрізання торця з боку лапки на величину 1,5 мм. Зняття радіусу R7 мм. Зняття фаски.	Токарно-фрезерний центр Hurco TMM 8i. Різець токарний підрізний та різець токарний прохідний за ГОСТ 26611- 85.	Трьохкулачковий самоцентрівний патрон ГОСТ 2675-80. Штангенциркуль ГОСТ 166-89. Кутомір ГОСТ 5378-88.
Ескіз операції				
050	Токарна	Підрізання торця з боку робочої частини на величину 1,5 мм.	Токарно-фрезерний центр Hurco TMM 8i. Різець токарний підрізний за ГОСТ 26611- 85.	Трьохкулачковий самоцентрівний патрон ГОСТ 2675-80. Штангенциркуль ГОСТ 166-89.

Ескіз операції				
055	Фрезерна	Фрезерування лапки. Зняття задирок.	Токарно-фрезерний центр Нуско ТММ 8і. Фреза кінцева за ГОСТ 17025-71.	Трьохкулачковий самоцентрівний патрон ГОСТ 2675-80. Штангенциркуль ГОСТ 166-89.
Ескіз операції				
060	Фрезерна	Фрезерування стружкових канавок.	Токарно-фрезерний центр Нуско ТММ 8і. Фреза кутова спеціальна.	Трьохкулачковий самоцентрівний патрон ГОСТ 2675-80. Штангенциркуль ГОСТ 166-89. Кутомір ГОСТ 5378-88.
Ескіз операції				
065	Фрезерна	Фрезерування пазів під пластини.	Токарно-фрезерний центр Нуско ТММ 8і. Фреза кінцева за ГОСТ 17025-71.	Трьохкулачковий самоцентрівний патрон ГОСТ 2675-80. Штангенциркуль ГОСТ 166-89. Кутомір ГОСТ 5378-88.

Ескіз операції				
070	Свердли- льна	Свердління наскрізних отворів діаметром $\varnothing 4,2$ мм під різьбу кріпильного гвинта.	Токарно-фрезерний центр Нуско ТММ 8і. Свердло спіральне за ГОСТ 10902-77.	Трьохкулачковий самоцентрівний патрон ГОСТ 2675-80. Глибиномір ГОСТ 7470-92.
Ескіз операції				
075	Різьбона- різна	Нарізання різьби М5х0,8 під кріпильний гвинт.	Токарно-фрезерний центр Нуско ТММ 8і. Мітчик машинний за ГОСТ 3266-81.	Трьохкулачковий самоцентрівний патрон ГОСТ 2675-80.
Ескіз операції				
080	Термічна	Термічна обробка		
Режими		Температура: 850 - 870°C. Час витримки: 2 години. Ізотермічна витримка: 790 - 810°C. Час витримки: 4-6 годин. Охолодження: 50°/год.		

085	Шліфувальна	Шліфування центрових отворів	Вертикальний одношпindelний шліфувальний станок EMAG VLC 100 G. Конус шліфувальний за ГОСТ 22774-77.	Трьохкулачковий самоцентрівний патрон ГОСТ 2675-80. Профілометр PosiTector SPG.
Ескіз операції				
090	Шліфувальна	Шліфування шийки.	Комбінований токарно-шліфувальний центр EMAG VTC 315 DS. Шліфувальний круг за ГОСТ 2424-83	Центра ГОСТ 13214-79. Профілометр PosiTector SPG.
Ескіз операції				
095	Шліфувальна	Попереднє шліфування хвостової частини.	Комбінований токарно-шліфувальний центр EMAG VTC 315 DS. Шліфувальний круг за ГОСТ 2424-83.	Центра ГОСТ 13214-79. Профілометр PosiTector SPG.
Ескіз операції				
100	Шліфувальна	Попереднє шліфування робочої частини;	Комбінований токарно-шліфувальний центр EMAG VTC 315 DS. Шліфувальний круг за ГОСТ 2424-83.	Центра ГОСТ 13214-79. Профілометр PosiTector SPG.

Ескіз операції				
105	Шліфувальна	Шліфування торця з боку робочої частини	Вертикальний одношпиндельний шліфувальний станок EMAG VLC 100 G. Шліфувальний круг за ГОСТ 2424-83	Трьохкулачковий самоцентрівний патрон ГОСТ 2675-80. Профілометр PosiTector SPG.
Ескіз операції				
110	Шліфувальна	Шліфування стружкових канавок	Комбінований токарно-шліфувальний центр EMAG VTC 315 DS. Шліфувальний круг за ГОСТ 2424-83	Трьохкулачковий самоцентрівний патрон ГОСТ 2675-80. Профілометр PosiTector SPG.
				
115	Шліфувальна	Шліфування пазів під пластини.	Комбінований токарно-шліфувальний центр EMAG VTC 315 DS. Головка шліфувальна за ГОСТ 2447-82.	Трьохкулачковий самоцентрівний патрон ГОСТ 2675-80. Профілометр PosiTector SPG.

Ескіз операції				
120	Шліфувальна	Чистове шліфування робочої частини.	Комбінований токарно-шліфувальний центр EMAG VTC 315 DS. Шліфувальний круг за ГОСТ 2424-83	Центра ГОСТ 13214-79. Профілометр PosiTector SPG.
Ескіз операції				
125	Шліфувальна	Чистове шліфування хвостовика.	Комбінований токарно-шліфувальний центр EMAG VTC 315 DS. Шліфувальний круг за ГОСТ 2424-83.	Центра ГОСТ 13214-79. Профілометр PosiTector SPG.
Ескіз операції				

3.3 Розрахунок припусків

Розрахунок припусків на обробку дозволяє врахувати всі особливості обраного технологічного маршруту, похибки оброблення, дефекти поверхневого шару; встановити можливості економії матеріалу та

знизити трудомісткість механічної обробки. Оскільки проєктований інструмент є тілом обертання, припуск для кожного переходу буде двостороннім та визначатиметься за формулою [22, ст. 173]:

$$2 \cdot z_{\min i} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{i-1}), \quad (3.1)$$

де i - номер переходу;

$z_{\min i}$ - величина мінімального проміжного припуску для даного переходу, мкм;

Rz_{i-1} - висота мікронерівностей на попередньому переході, мкм;

h_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході, мкм;

Δ_{i-1} - сумарне значення просторових відхилень поверхні на попередньому переході, мкм.

Міжперехідні розміри зовнішніх поверхонь проводяться за залежностями [22, ст. 174]:

$$d_{\min i-1} = d_{\min i} + 2z_{\min i}, \quad (3.2)$$

$$d_{\max i-1} = d_{\min i} + IT_{d i-1}, \quad (3.3)$$

де $d_{\min i-1}$ - мінімальний граничний розмір поверхні на попередньому переході, мм;

$d_{\min i}$ - мінімальний граничний розмір поверхні на даному переході, мм;

$d_{\max i-1}$ - максимальний граничний розмір поверхні на попередньому переході, мм;

$IT_{d i-1}$ - величина допуску на виготовлення на попередньому переході, мм.

Розрахунок припусків доцільно виконувати для поверхні, що має найвищу точність та до якої висуваються найбільш жорсткі вимоги. У випадку проектного інструмента такою поверхнею є поверхня конічного хвостовика.

Згідно із технологічним процесом виготовлення зенкера, наведеним в пункті 3.2, обробка поверхні хвостовика включає в себе такі операції:

- попереднє точіння поверхні (13 квалітет);
- кінцеве точіння поверхні (11 квалітет);
- попереднє шліфування поверхні (9 квалітет);
- кінцеве шліфування поверхні (6 квалітет).

Хвостовик проектного інструменту представлений конусом Морзе, тому розрахунок припусків відбуватиметься для найменшого діаметра конуса, який повинен бути забезпечений - $\varnothing 25,2$ мм.

Величини допусків IT_d встановлюються для даного діаметру.

Висота мікронерівностей Rz - вказані в маршрутно-операційній технології як шорсткість поверхні Ra . В подальшому розрахунку відбулося наступне трансформування величин [22, ст. 223]:

$$Ra\ 4 \simeq Rz\ 16; Ra\ 3,2 \simeq Rz\ 12,5; Ra\ 1,6 \simeq Rz\ 8; Ra\ 0,4 \simeq Rz\ 2.$$

Початкова глибина дефектного поверхневого шару h визначається із ГОСТ 2590-2006 і для заготовки із круглого прокату діаметром $\varnothing 36$ мм $h = 0,7$ мм на сторону або $1,4$ мм на діаметр. Кожна наступна величина глибини зменшується за рахунок механічної обробки шляхом видалення шару.

Допуск на діаметр заготовки $IT_3 = 400$ мкм за ГОСТ 2590-2006.

Просторове відхилення довжини заготовки $\Delta = 164$ мкм .
Просторове відхилення аналогічно до величини глибини дефектного шару зменшується завдяки механічній обробці.

Таким чином, встановивши всі величини та залежності, розрахунок припусків та міжперехідних розмірів за формулами 3.1 - 3.3 доцільно звести в розрахункову таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 - Розрахунок припусків та міжперехідних розмірів

Технологічні операції та переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм			Розрахований припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск на виготовлення, мкм	Прийняті розміри для переходу, мм		Отримані граничні значення припусків, мкм	
	Rz_i	h_i	Δ_i	$2z_{i\min}$	d_{\min}	IT_d	$d_{\max i}$	$d_{\min i}$	$2z_{\max i}$	$2z_{\min i}$
Попереднє точіння	16	140	164	-	-	330	27	26,67	-	-
Кінцеве точіння	12,5	80	50	640	27,31	130	26,5	26,37	500	300
Попереднє шліфування	8	20	105	285	26,655	52	25,3	25,248	1200	1122
Кінцеве шліфування	2	5	10	266	25,514	12	25,212	25,2	88	48
Разом:									1788	1470

Перевірка правильності розрахунків:

$$\Sigma 2z_{\max i} - \Sigma 2z_{\min i} = 1788 - 1470 = 318 \text{ мкм},$$

$$IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = 330 - 12 = 318 \text{ мкм}.$$

Співпадіння отриманих значень показує, що розрахунки виконані вірно.

Для граничних розмірів прийнятої заготовки діаметром $\varnothing 36$ мм загальні значення припусків будуть:

$$2z_{\max} = 36,1 - 25,212 = 10888 \text{ мкм},$$

$$2z_{\min} = 35,7 - 25,2 = 10500 \text{ мкм}.$$

3.4 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання виконується для декількох операцій, які є одними із ключових в процесі обробки корпусу зенкера.

Було вирішено розрахувати режими різання для таких операцій:

- попереднє точіння в центрах робочої та хвостової частини по контуру;
- фрезерування стружкових канавок;
- фрезерування пазів під пластини;
- кінцеве шліфування конічного хвостовика.

Всі, вище перераховані операції виконуються на верстатах з числовим програмним керуванням. Це дозволяє сумістити операції однакового характеру та значно зменшує можливе виникнення похибок в процесі обробки завдяки зменшенню кількості перевстановлення заготовок в пристосування та відсутності змін у базуванні.

3.4.1 Попереднє точіння в центрах по контуру

Суміщення токарних операцій 015-025 - попереднє контурне точіння робочої частини, шийки та хвостовика.

Інструмент: різець токарний прохідний відігнутий ГОСТ 24996-81.

Верстат: комбінований токарно-шліфувальний центр EMAG VTC 315 DS.

Пристосування: центра ГОСТ 13214-79.

Інструмент для проведення вимірювань: штангенциркуль ГОСТ 166-89.

Обираємо глибину різання $t = 1$ мм.

Подача s - визначається таблично: $s = 0,5$ мм/об при глибині різання 1 мм та обробці заготовки, розміри якої не перевищують 40 мм в діаметрі [16, ст. 266, табл. 11].

Швидкість різання v , м/хв при зовнішньому поздовжньому точінні визначається за формулою [16, ст. 265]:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v, \quad (3.4)$$

- де C_v - коефіцієнт, що визначається таблично і залежить від матеріалу, що обробляється та матеріалу різальної частини: $C_v = 350$ [16, ст. 269, табл. 17];
- x, y, m - показники степеня, що визначаються таблично і залежить від матеріалу, що обробляється та матеріалу різальної частини: $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,20$ [16, ст. 269, табл. 17];
- t - глибина різання, $t = 1$ мм;
- s - подача, $s = 0,5$ мм/об [16, ст. 266, табл. 11];
- T - період стійкості, хв, визначається таблично, залежно від способу обробки, матеріалу що обробляється та матеріалу різальної частини: $T = 40$ хв [16, ст. , табл.];
- K_v - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання K_v розраховується за формулою [16, ст. 276]:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Пv}, \quad (3.5)$$

- де K_{Mv} - коефіцієнт, що залежить від матеріалу, що обробляється;
- K_{Iv} - коефіцієнт, що залежить від інструментального матеріалу, визначається таблично: $K_{Iv} = 1$ [16, ст. 263, табл. 6]
- $K_{Пv}$ - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки та визначається таблично: для сталевого прокату за нормальної кірки $K_{Пv} = 0,9$ [16, ст. 263, табл.5].

Коефіцієнт K_p в даному випадку визначається наступним виразом [16, ст. 261, табл. 1]:

$$K_{Mv} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{1,0}, \quad (3.6)$$

і для легованої інструментальної сталі при $\sigma_B = 790$ МПа буде дорівнювати:

$$K_{Mv} = 0,95 \left(\frac{750}{790}\right)^{1,0} = 0,9.$$

Тоді за формулою 3.5 загальний поправочний коефіцієнт K_v буде:

$$K_v = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,81.$$

Тоді швидкість різання v , м/хв за формулою 3.4 буде:

$$v = \frac{350}{40^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,81 = 172,8 \text{ м/хв.}$$

Швидкість обертання шпинделя n , об/хв визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 172,8}{\pi \cdot 36} = 1527,9 \text{ об/хв.}$$

Сила різання P_z , Н визначається за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (3.7)$$

де C_p - емпіричний коефіцієнт, що визначається таблично:
 $C_p = 300$ [16, ст. 273, табл. 22];

x, y, n - показники степеня, визначаються таблично: $x = 1,0$;
 $y = 0,75$; $n = -0,15$ [16, ст. 273, табл. 22];

K_p - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки та залежить від матеріалу оброблюваної деталі,
 $K_p = 0,97$ [16, ст. 271].

Тоді значення тангенціальної сили різання P_z буде:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 172,8^{-0,15} \cdot 0,97 = 799 \text{ Н.}$$

Знайшовши тангенціальну силу різання можна порахувати потужність різання N , кВт на даному переході:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{799 \cdot 172,8}{1020 \cdot 60} = 2,26 \text{ кВт.}$$

3.4.2 Фрезерування пазів під пластини

Фрезерування пазів під пластини відповідає фрезерній операції 065.

Інструмент: фреза кінцева за ГОСТ 17025-71.

Верстат: токарно-фрезерний центр Hurco ТММ 8i.

Пристосування: трьохкулачковий самоцентрівний патрон ГОСТ 2675-80.

Інструмент для проведення вимірювань: штангенциркуль ГОСТ 166-89, кутомір ГОСТ 5378-88.

Обираємо глибину фрезерування $t = 2,5$ мм.

Ширина фрезерування $B = 4,7$ мм.

Діаметр фрези $D = 2,5$ мм. Кількість зубів $z = 3$.

Подача на зуб s_z - визначається таблично: $s_z = 0,05$ мм/зуб при діаметрі фрези менше 16 мм [16, ст. 284, табл. 35].

Швидкість різання v , м/хв при фрезеруванні кінцевою фрезою визначається за формулою:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v \quad (3.8)$$

Значення коефіцієнта C_v та показників степенів m, x, y, u, p визначаються таблично та мають наступні значення [16, ст.286, табл. 39]:

$$C_v = 46,7; q = 0,45; x = 0,5; y = 0,5; u = 0,1; p = 0,1; m = 0,33.$$

Період стійкості T , хв визначається таблично: $T = 80$ хв [16, ст. 290, табл. 40].

Загальний поправочний коефіцієнт K_v розраховується за формулою 3.5 і у випадку даної операції має значення $K_v = 0,9$ [16, ст. 282].

Тоді швидкість різання v , м/хв при фрезеруванні за формулою 3.8 матиме значення:

$$v = \frac{46,7 \cdot 2,5^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 2,5^{0,5} \cdot 0,05^{0,5} \cdot 4,7^{0,1} \cdot 3^{0,1}} \cdot 0,9 = 13,5 \text{ м/хв.}$$

Осьова сила різання P_z , Н визначається за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^w}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{Mp}. \quad (3.9)$$

Значення коефіцієнта C_p та показників степенів q, x, y, u, w визначаються таблично та мають наступні значення [16, ст. 286, табл. 41]:

$$C_p = 68,2; q = 0,86; x = 0,86; y = 0,72; u = 1,0; w = 1,0; w = 0.$$

Загальний поправочний коефіцієнт K_{Mp} визначається таблично і у випадку даної операції має значення $K_{Mp} = 1,04$ [16, ст. 264, табл. 9].

Частота обертання фрези n , об/хв визначається за формулою і має значення:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 13,5}{\pi \cdot 2,5} = 1718,9 \text{ об/хв.}$$

Тоді величина осьової сили різання P_z , Н матиме значення:

$$P_z = \frac{10 \cdot 62,8 \cdot 2,5^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 4,7^{1,0} \cdot 3}{2,5^{0,86} \cdot 1718,9^1} \cdot 1,04 = 1025 \text{ Н}$$

Ефективна потужність різання при фрезеруванні на даному переході N_e , кВт матиме значення:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1025 \cdot 13,5}{1020 \cdot 60} = 0,23 \text{ кВт.}$$

3.4.3 Свердління отворів під різьбу кріпильного гвинта

Свердління отворів під різьбу кріпильного гвинта відповідає операції 070 (таблиця 3.1).

Інструмент: свердло спіральне за ГОСТ 10902-77.

Верстат: токарно-фрезерний центр Hurco TMM 8i.

Пристосування: трьохкулачковий самоцентрівний патрон ГОСТ 2675-80.

Інструмент для проведення вимірювань: штангенциркуль ГОСТ 166-89, глибиномір ГОСТ 7470-92.

Діаметр свердла $D = 4,2$ мм.

Обираємо глибину різання $t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 4,2 = 2,1$ мм.

Подача s - визначається таблично: $s = 0,05$ мм/об при глибині свердління менше трьох діаметрів в сталі 9ХС [16, ст. 277, табл. 25].

Швидкість різання v , м/хв при свердлінні визначається за формулою:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_v. \quad (3.10)$$

Значення коефіцієнта C_v та показників степенів q , y , m визначаються таблично та мають наступні значення [16, ст. 278, табл. 28]:

$C_v = 7,0$; $q = 0,40$; $y = 0,70$; $m = 0,20$.

Період стійкості T , хв визначається таблично: $T = 15$ хв [16, ст. 279, табл. 30].

Загальний поправочний коефіцієнт K_v розраховується за формулою 3.5 і у випадку даної операції має значення $K_v = 0,9$ [16, ст. 276].

Тоді швидкість різання v , м/хв при свердлінні за формулою 3.10 матиме значення:

$$v = \frac{7,0 \cdot 4,2^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,05^{0,7}} \cdot 0,9 = 58,9 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання інструменту n , об/хв матиме значення:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 58,9}{\pi \cdot 4,2} = 4464 \text{ об/хв.}$$

Осьова сила різання P_o , Н при свердлінні визначається за формулою [16, ст. 277]:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, \quad (3.7)$$

Значення коефіцієнта C_p та показників степенів q , y визначаються таблично та мають наступні значення [16, ст.281, табл. 32]:

$$C_p = 68; q = 1,0; y = 0,7.$$

Загальний поправочний коефіцієнт K_p визначається таблично і у випадку даної операції має значення $K_p = K_{Mp} = 1,04$ [16, ст.264, табл. 9].

Тоді величина осьової сили різання P_o , Н матиме значення:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 4,2^{1,0} \cdot 0,05^{0,7} \cdot 1,04 = 365 \text{ Н.}$$

Крутний момент $M_{кр}$, Н·м при свердлінні визначається за формулою:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, \quad (3.11)$$

Значення коефіцієнта C_M та показників степенів q , y для розрахунку крутного моменту визначаються таблично та мають наступні значення [16, ст.281, табл. 32]: $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$.

Тоді величина крутного моменту $M_{кр}$, Н·м на даному переході матиме значення:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4,2^2 \cdot 0,05^{0,8} \cdot 1,04 = 0,58 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Потужність різання при свердлінні на даному переході N_e , кВт матиме значення:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{0,58 \cdot 4464}{9750} = 0,27 \text{ кВт}.$$

3.4.4. Чистове шліфування конічного хвостовика

Чистове шліфування конічного хвостовика відповідає операції шліфування 125 і є заключною операцією в наведеному попередньо в пункті 3.2, таблиці 3.1.

Інструмент: шліфувальний круг за ГОСТ 2424-83.

Верстат: комбінований токарно-шліфувальний центр EMAG VTC 315 DS.

Пристосування: центра ГОСТ 13214-79.

Інструмент для проведення вимірювань: профілометр PosiTector SPG.

Режими різання для шліфувальних операцій обираються таблично, залежно від оброблюваного матеріалу та виду шліфування. У випадку круглого зовнішнього шліфування сталі 9ХС обираємо наступні режими різання [16, ст. 301, табл. 55]:

- швидкість шліфувального круга $v_k = 30 \text{ м/с}$;
- швидкість обертання заготовки $v_z = 40 \text{ м/с}$;
- глибина шліфування $t = 0,015 \text{ мм}$;

- поздовжня подача $s = 0,5 \cdot B = 0,5 \cdot 10 = 5$ мм (B - товщина круга, $B = 10$ мм).

Ефективна потужність різання N , кВт при шліфуванні периферією круга з поздовжньою подачею визначається за формулою [16, ст. 300]:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot t^x d^q \cdot s^y, \quad (3.12)$$

де C_N - коефіцієнт, що визначається таблично і залежить від матеріалу, що обробляється та матеріалу різальної частини: $C_N = 2,65$ [16, ст. 303, табл. 56];

x, y, r, q - показники степеня, що визначаються таблично і залежить від матеріалу, що обробляється та матеріалу різальної частини: $q = 0$; $x = 0,5$; $y = 0,55$; $r = 0,50$ [16, ст. 303, табл. 56];

d - діаметр шліфування, мм: $d = 25,4$;

b - ширина шліфування, що визначається як довжина шліфувального участка, мм: $b = 100$ мм .

Тоді потужність різання N , кВт на останній операції технологічного процесу матиме значення:

$$N = 2,56 \cdot 40^{0,5} \cdot 0,015^{0,5} \cdot 24,5^0 \cdot 5^{0,55} = 4,8 \text{ кВт.}$$

3.5 Автоматизація технології виготовлення

3.5.1 Створення програми обробки корпусу для верстата з ЧПК

Розроблена попередньо 3D модель корпусу, наведена в пункті 2.5, дозволяє досить легко отримати програму її обробки для верстатів з ЧПК шляхом симуляції відповідних операцій оброблення в спеціалізованих програмах.

Для створення програми обробки було вирішено обрати процес фрезерування пазу під пластину. Вихідні дані, такі як тип та діаметр фрези, подача на зуб та швидкість різання встановлювались відповідно до пункту 3.4.2. Розташування фрези відносно корпусу зенкера та траєкторія її руху зображені на рисунку 3.2.

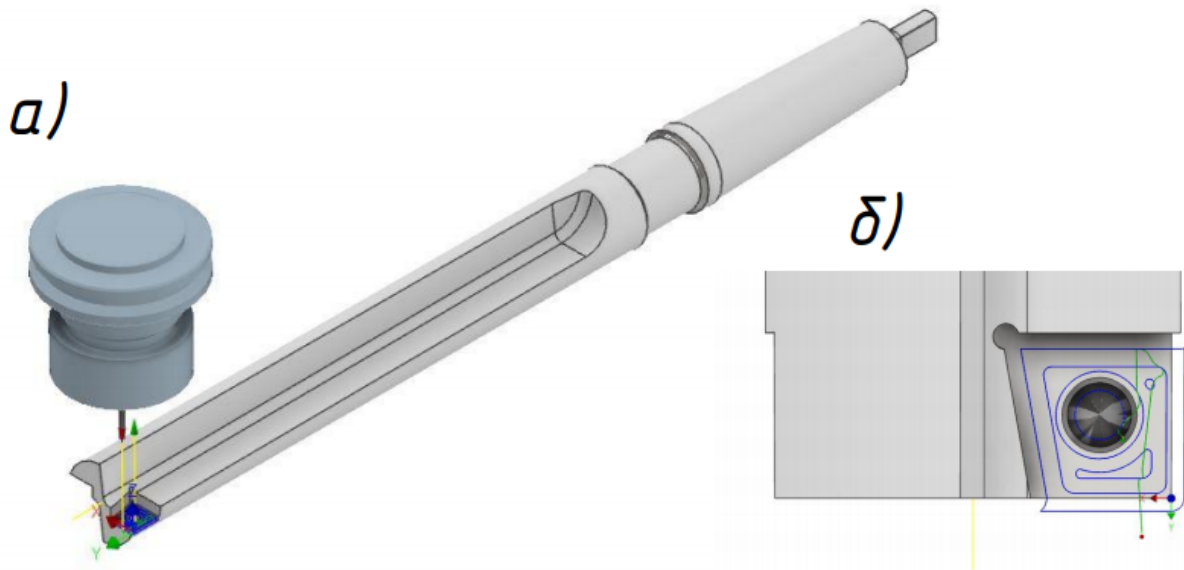


Рисунок 3.2 - Фрезерування пазу під пластину на верстаті з ЧПК:

а) - розташування фрези відносно корпусу зенкера; б) - траєкторія руху фрези.

Встановивши всі параметри процесу фрезерування можна виконати симуляцію обробки та отримати програму обробки - GM код, який в подальшому можна використовувати в реальних верстатах з ЧПК. Оскільки в отриманому коді більше 560 рядків, вирішено представити лише перші та останні 40 рядків, які наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Програма обробки пазу під пластину в корпусі зенкера

№	Перші 40 рядків коду	№	Останні 40 рядків коду
1	(PGM, NAME="1001")	524	X11.304 Y-4.695 Z194.522
2	; MACHINE	525	X11.649 Y-4.705 Z195.631
3	; VENDOR HAAS	526	X11.643 Y-4.706 Z195.758
4	; MODEL VM-3 TR2105BX	527	X11.628 Y-4.707 Z195.884
5	; T1 D=2.5 CR=0 - FLAT END MILL	528	X11.605 Y-4.708 Z196.01
6	: G90 G40 G94	529	X11.573 Y-4.709 Z196.137
7	G17	530	X11.556 Y-4.71 Z196.194
8	G71	531	X11.532 Z196.263
9	M26	532	X11.48 Y-4.711 Z196.389
10	; 1	533	X11.43 Y-4.712 Z196.493
11	M9	534	X11.418 Z196.516
12	M26	535	X11.342 Y-4.713 Z196.642
13	:T1 M6	536	X11.304 Y-4.714 Z196.698
14	M26	537	X11.278 Z196.733
15	S1719 M3	538	X11.251 Y-4.715 Z196.782 F349
16	H0	539	X11.235 Z196.836
17	M10	540	X11.231 Y-4.716 Z196.892
18	M50	541	X11.241 Z196.947
19	G0 A89.5 B-180.	542	X11.262 Y-4.717 Z196.999
20	M11	543	X11.294 Z197.045
21	M51	544	X11.335 Z197.082
22	M8	545	X11.381 Y-4.711 Z197.115
23	G0 X13.01 Y33.001	546	X11.424 Y-4.693 Z197.146
24	Z204.955	547	X11.462 Y-4.664 Z197.174
25	Y-3.783 Z204.634	548	X11.494 Y-4.624 Z197.197
26	G1 Y-4.533 Z204.627 F349	549	X11.518 Y-4.577 Z197.215
27	Y-4.589 Z204.62	550	X11.533 Y-4.524 Z197.226
28	Y-4.641 Z204.601	551	X11.539 Y-4.469 Z197.23
29	Y-4.688 Z204.571	552	G0 Y33.066 Z197.558
30	Y-4.728 Z204.531	553	G17
31	Y-4.757 Z204.484	554	M9
32	Y-4.775 Z204.431	555	M26
33	Y-4.781 Z204.375	556	M10
34	X13.009 Z204.358	557	M50
35	X12.76 Y-4.749 Z200.741	558	G0 A0. B0.
36	X12.763 Z200.683	559	M11
37	X12.78 Y-4.748 Z200.627	560	M51
38	X12.808 Z200.576	561	G0 X0 Y0
39	X12.848 Y-4.747 Z200.533	562	M30
40	X12.897 Z200.501	563	M2

3.5.2 Аналіз стійкості інструменту

Розробивши 3D модель інструменту можна перевірити стійкість та жорсткість його конструкції під час обробки заданої поверхні внаслідок виникнення сил різання. Дана перевірка може виконуватися кількома способами в різних комп'ютерних середовищах, проте на результати це ніякого впливу не має.

Для виконання такої перевірки було вирішено обрати середовище Autodesk Fusion 360° 2020. Хід роботи під час виконання аналізу наступний:

1. Завантажити 3D модель в середовище програми. Обрати відповідні матеріали різальної частини та корпусу.
2. Прикласти розраховані попередньо силу різання та крутний момент.
3. Визначити опори інструменту.
4. Виконати розрахунок та провести аналіз отриманих значень.

Сили різання, що виникають в процесі обробки поверхні, прикладаються до різальної кромки інструменту та мають наступні значення (пункт 2.2.1, формули 2.2, 2.3):

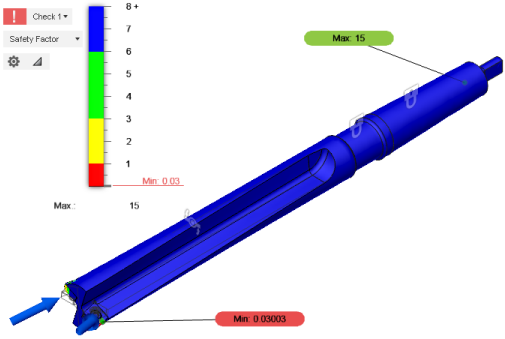
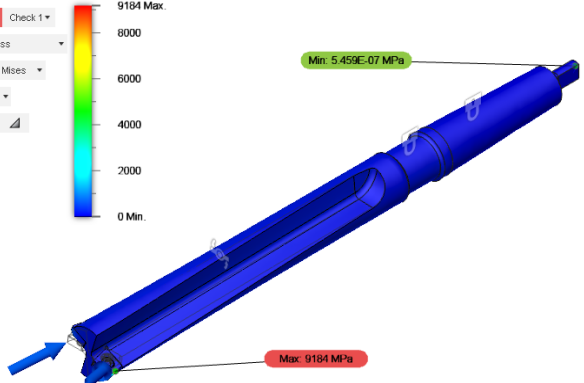
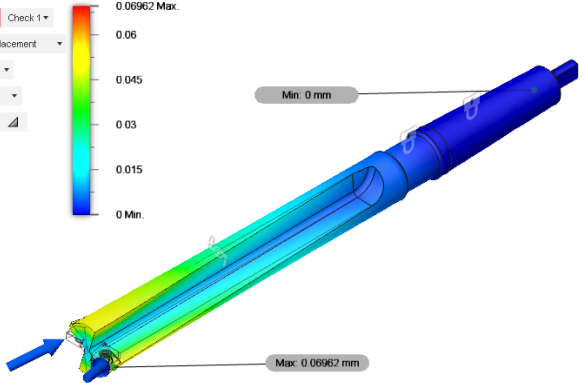
- сила в напрямку осі z : $P_z = 1423,125 \text{ Н}$;
- сила в напрямку осі y : $P_y = 569,25 \text{ Н}$;
- сила в напрямку осі x : $P_x = 711,563 \text{ Н}$.

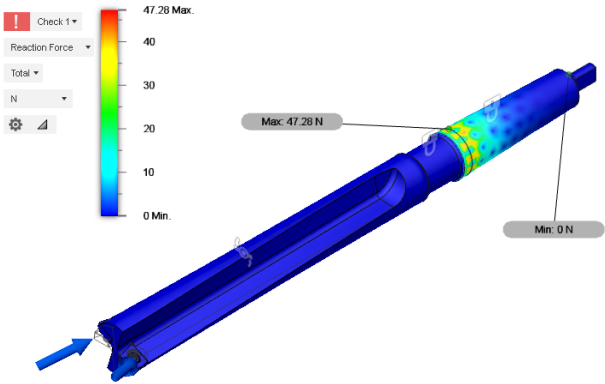
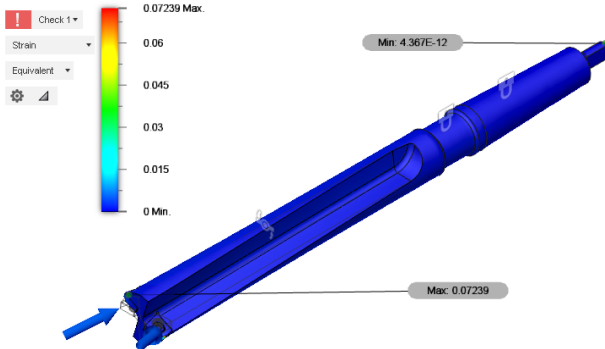
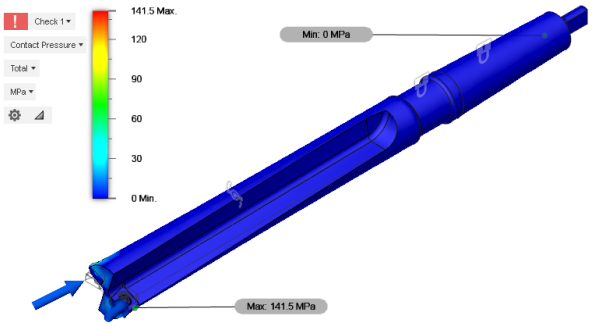
Крутний момент $M_{кр} = 97,516 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Опорою інструменту є консольно закріплений конічний хвостовик.

Таким чином, виконавши наведені вище дії, отримуємо наступні результати, зведені в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 - Результати розрахунку стійкості інструменту

Розрахункова величина	Отримані значення		Графічне відображення результату
	Мінімальні	Максимальні	
Запас міцності	0,03	15	
Напруження, МПа	$5,46 \cdot 10^{-7}$	9184	
Зміщення (зсув), мм	0	0,07	

Реакція опори, Н	0	47,31	
Деформація розтягу	$4,37 \cdot 10^{-12}$	0,73	
Контактна міцність, МПа	0	141,5	

Таким чином, провівши аналіз стійкості можемо бачити, що зважаючи на умови роботи розробленого інструменту його матеріали та конструкція обрані вірно. Одним із найважливіших показників стійкості для осьового інструменту є величина зсуву, що виникає внаслідок дії крутного моменту. Як можемо бачити, зсув інструменту набагато менше допуску на обробку отворів, для яких цей інструмент призначений, а, отже, його конструкція володіє достатньою жорсткістю в даних умовах.

Також, варто звернути увагу на те, що всі інші отримані значення не перевищують гранично допустимих для даних матеріалів, проте, за можливості, їх варто зменшувати шляхом вибору інших матеріалів. зміни форми поперечного перерізу, способу та типу пластини аби продовжити експлотаційний термін інструменту.

4 РОЗРОБКА ЗАТИСКНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ЗАКРІПЛЕННЯ ДЕТАЛІ

4.1 Аналіз вихідних даних

Основним завдання даного розділу є розробка пристосування для позиціонування та закріплення вихідної поверхні деталі - трака, на верстатному столі. Обробка полягає у процесі зенкерування двох наскрізних отворів проектованим інструментом з діаметра 28 мм до діаметра $34^{(+0,34)}$ мм із забезпечення необхідної заданої точності. Обробка виконуватиметься на вертикальних верстатах в умовах масового виробництва. Закріплення заготовки повинно бути жорстким та забезпечити співвісність отворів та інструмента.

Проведений аналіз існуючих конструкцій пристосувань: універсальних та спеціалізованих показав, що серед них не представлено таких, які б задовольнили умовам обробки проектованим інструментом та враховували би конфігурацію деталі. Саме тому було вирішено розробити спеціальне пристосування для даного виду обробки вихідної деталі [25, 26].

Проаналізувавши вихідні дані можемо сформулювати службове призначення пристосування: пристосування призначено для установки однієї заготовки корпусної деталі типу “Трак” із сталі 110Г13л на столі вертикального верстата для обробки двох наскрізних отворів $\varnothing 34^{(+0,34)}$ мм довжиною $218_{-0,6}$ мм.

4.2 Визначення схеми базування та технологічних баз деталі

Конструювання пристосування починається із визначення визначення положення деталі на верстатному столі, тобто її базування

[26, 27, 32]. Оскільки мова йде про обробку отворів на вертикальних верстатах - положення оброблюваної поверхні відповідним чином матиме вертикальне положення (рис. 4.1, а). Слід зауважити, що необхідною умовою обробки є суміщення осі інструменту з віссю отвору, що не дозволяє перекосів деталі на столі.

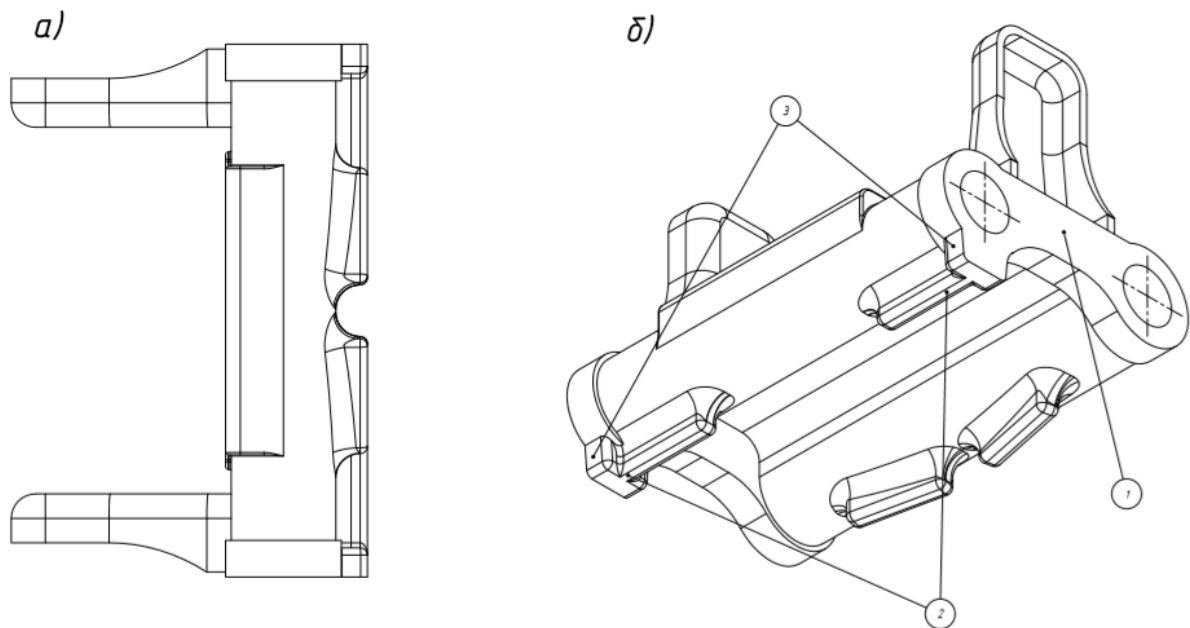


Рисунок 4.1 - Базування деталі в пристосуванні:

а) - розміщення деталі в пристосуванні; б) - визначення технологічних баз деталі.

Визначимо технологічні бази деталі: установчу, опорну та напрямну. Оскільки оброблювана поверхня умовно нагадує паралелепіпед, приймемо спосіб базування трьома площинами з розташуванням опорних точок на цих площинах. Аби уникнути виникнення великої похибки базування, обиратимемо ті поверхні, які вже початково були оброблені. Попередня обробка виконувалась шляхом установки та закріплення трака у пристосування площиною між “вухами”, що паралельна площині 2. Центрування під час даної обробки відбувалось за допомогою конусів по

попередньо оброблених, після лиття, отворах. Саме в цьому положенні поверхні 1, 2 та 3 піддались обробці фрезерування.

Логічно вирішити, що опорною поверхнею буде один із торців деталі, які попередньо піддали. Завдяки попередній обробці площина торця перпендикулярна до вісі отвору. Отже опорною базою приймаємо поверхню 1 (рис. 4.1, б).

Наступною базою буде площина 2 напливів, яка теж попередньо фрезерована паралельно осі отворів та перпендикулярно до площини торців (рис. 4.1, б).

Аби уникнути руху заготовки вздовж площини 1, необхідно обрати третю базу, якою буде поверхня, що знаходиться перпендикулярно до двох інших - поверхня траку 3 (рис. 4.1, б).

4.3 Розрахунок сил затиску у пристосуванні

Для надійного та міцного закріплення заготовки в пристосуванні необхідно розрахувати силу затиску. В проектуваному пристососуванні використовуватиметься метод закріплення “в упор” (рис. 4.2) [22, ст. 216].

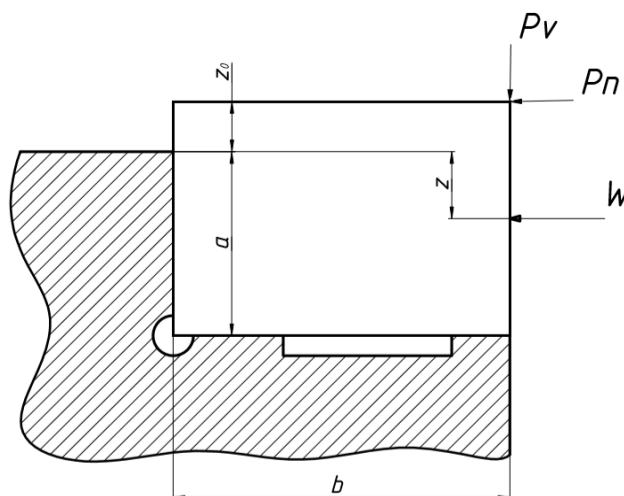


Рисунок 4.2 - Розрахункова схема визначення сили затиску при методі закріплення “в упор”

Сила затиску W , Н, для даного методу визначається за формулою [22, ст. 216]:

$$W = k \frac{P_v \cdot (b + a \cdot f) + P_n \cdot z_0}{a \cdot f^2 + b \cdot f + z}, \quad (4.1)$$

де P_v - вертикальна складова сили різання, Н;

P_n - горизонтальна складова сили різання, Н;

k - коефіцієнт запасу, $k = 1,5$;

f - коефіцієнт тертя на робочих поверхнях затискачів (з хрестоподібними канавками $f = 0,45$);

a - глибина базової поверхні, $a = 218$ мм (рис. 4.3);

b - довжина базової поверхні, $b = 58$ мм (рис. 4.3);

z - відстань від поверхні упору до точки прикладання сили, $z = 109$ мм (рис. 4.3);

z_0 - відстань між поверхнями упору та деталі, $z_0 = 1$ мм.

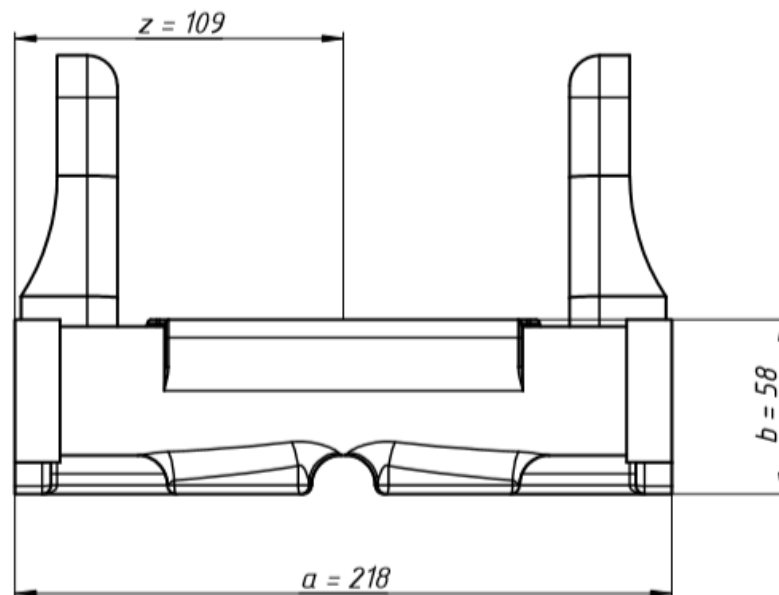


Рисунок 4.3 - Параметри базової поверхні за її вертикального розташування

Вертикальна складова сили різання P_v дорівнює осьовій силі різання, яка розрахована попередньо в пункті 2.2.1 записки, формула (2.5) і відповідно дорівнює:

$$P_v = P_z = P_o = 1423,125 \text{ Н.}$$

Горизонтальна складова сили різання P_n :

$$P_n = (0,25 \dots 0,5) P_z.$$

Тоді

$$P_n = 0,5 \cdot P_z = 0,5 \cdot 1423,125 = 711,563 \text{ Н.}$$

Тоді сила затиску W за формулою 4.1 буде:

$$W = 1,5 \frac{1423,124 \cdot (58 + 218 \cdot 0,45) + 711,563 \cdot 1}{218 \cdot 0,45^2 + 58 \cdot 0,45 + 109} = 1865 \text{ Н} = 1,8 \text{ кН.} \quad (4.2)$$

4.4 Розробка конструкції пристосування

Зважаючи на службове призначення пристосування, розміщення деталі в ньому та обрані технологічні бази було прийняте рішення створити одномісне пристосування із притискним пристроєм, рушійною силою якого є пневмоциліндр (рис. 4.4).

В пристосування заготовка вставляється збоку, в упор та затискається за допомогою пневмоциліндра.

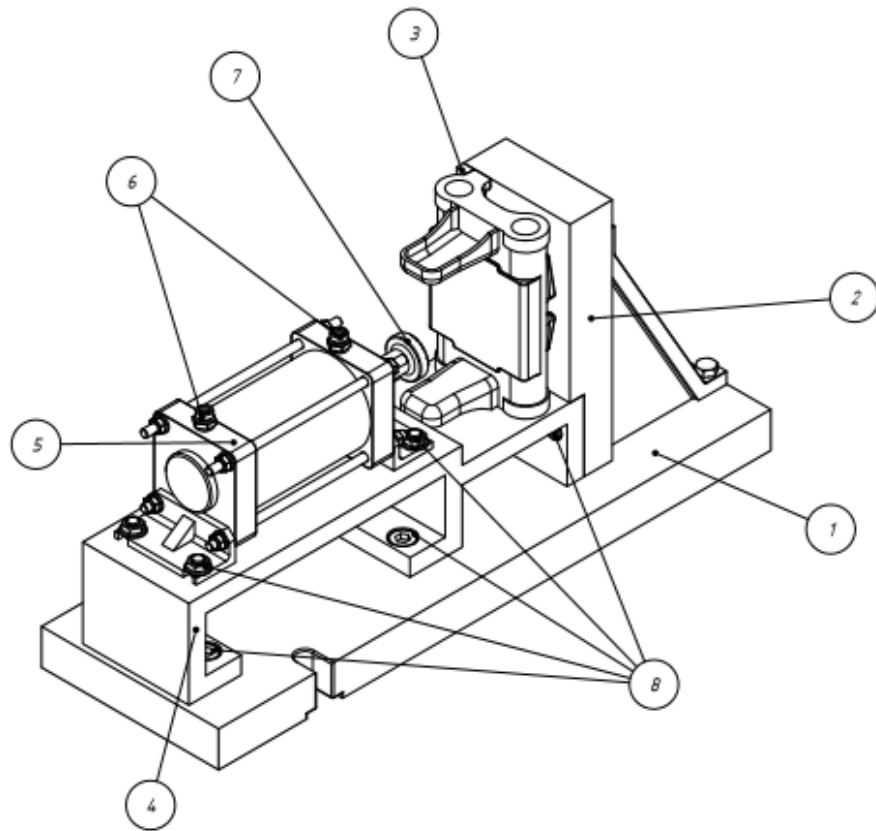


Рисунок 4.4 - Зображення пристосування для закріплення траку:

1 - опорна плита; 2 - бокова панель з ребрами жорсткості; 3 - бокова планка; 4 - опора пневмоциліндру та деталі; 5 - пневмоциліндр; 6 - шпунцери; 7 - наконечник; 8 - кріпильні елементи.

Основою пристосування є опорна плита (рис. 4.5), до якої кріпляться бокова опорна панель із ребрами жорсткості та опора траку та пневмоциліндру. Кріплення опорної плити до столу верстату відбувається через провушини за допомогою сухарів із гвинтами або шпильками, що розташовуються у відповідних пазах столу. Провушини стандартні, розрахованні на гвинт діаметром 20 мм [26, ст. 68; 27, ст. 10].

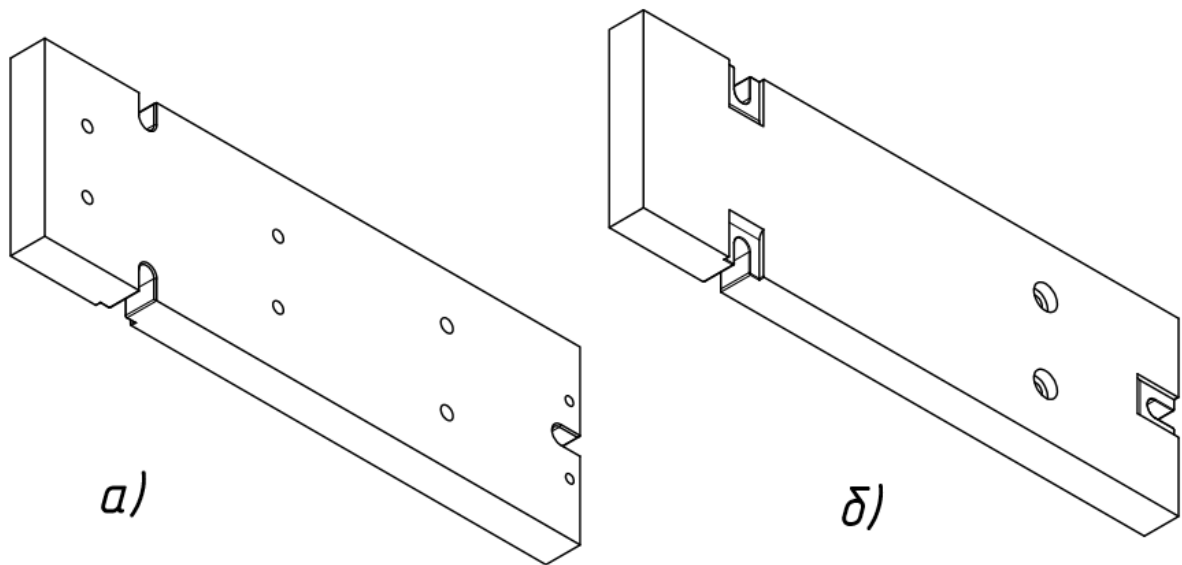


Рисунок 4.5 - Зображення опорної плити пристосування:

а) - ізометричний вид зверху; б) - ізометричний вид знизу.

В опорній плиті розташовано ряд отворів: чотири глухі отвори із метричною різью M18x2 для кріплення опори траку та пневмоциліндру, два глухі отвори з різью M14x2 (рис. 4.5, а) для кріплення ребер жорсткості та два наскрізних отвори (рис. 4.5, б) із цекуванням під головки гвинтів M20x2 для кріплення опорної бокової панелі. Опорна плита вконана зі сталі 10 ГОСТ 1050-88 із прокату гарячекатаного листового за ГОСТ 19903-2015 із подальшою механічною обробкою.

Як було зазначено, до опорної плити за допомогою гвинтів кріпиться бокова опорна панель із ребрами жорсткості (рис. 4.6).

В панелі передбачено заглиблення для точного розташування опори деталі. Також в ній (панелі) наявний ряд отворів: чотири глухі отвори з різью M8x1 для кріплення бокової планки гвинтами, три глухі отвори із різью M14x2 для кріплення опори пневмоциліндру та деталі до панелі та два глухі отвори із різью M20x2 для кріплення до опорної плити. Бокова

панель виготовлена зі сталі 10 ГОСТ 1050-88 із прокату гарячекатаного листового за ГОСТ 19903-2015 із подальшою механічною обробкою.

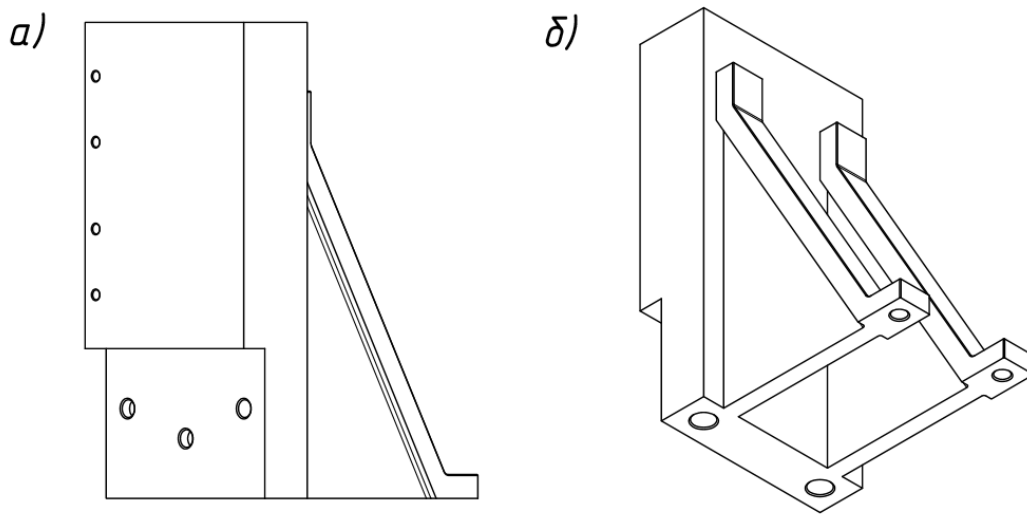


Рисунок 4.6 - Зображення бокової опорної панелі із ребрами жорсткості:

а) - ізометричний вид спереду; б) - ізометричний вид знизу

Для підвищення жорсткості було вирішено додати ребра жорсткості, які приварюються до панелі. Вони виконані із того ж матеріалу, що і бічна панель. Зварювання дугове, в середовищі захисного газу, таврове двостороннє без скосу кромки. Технічні вимоги до зварних з'єднань за ГОСТ 147771-76 та ГОСТ 31.0151.01-90.

До бокової панелі кріпиться планка (рис. 4.7). В планці передбачено 4 отвори із цекуванням для головок гвинтів із різьбою М8х1. З конструктивних міркувань вирішено виконати бічну поверхню планки такою, що відповідає поверхні трака 3 (рис. 4.1) - це зроблено для того, аби розмістити трак в упор до даної поверхні. Планка виконана з сталі 10 ГОСТ 1050-88.

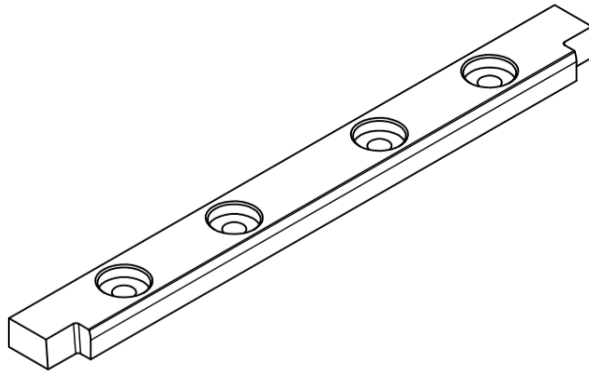


Рисунок 4.7 - Планка

До опорної плити та бічної панелі кріпиться опора, на яку кріпиться пневмоциліндр та встановлюється трак для подальшої обробки (рис. 4.8).

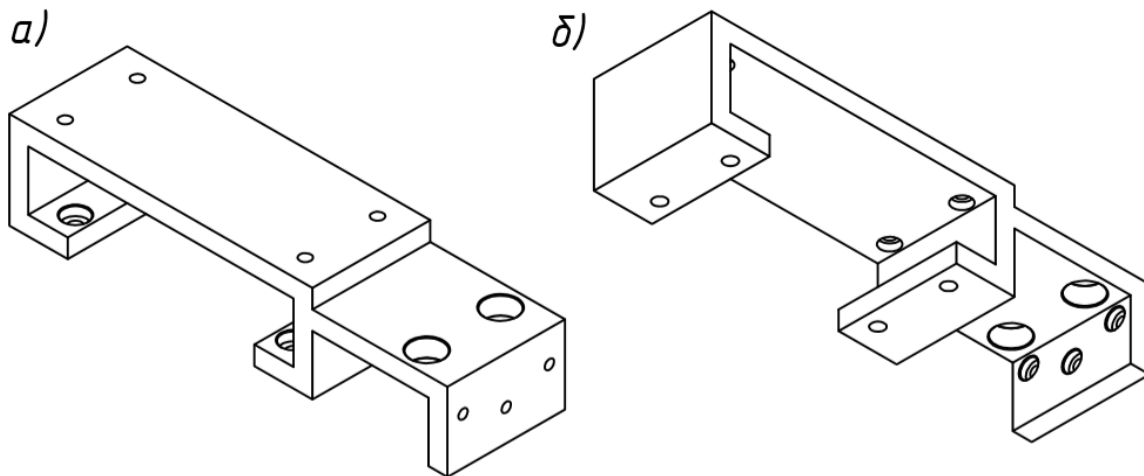


Рисунок 4.8 - Опора:

а) - ізометричний вид зверху; б) - ізометричний вид знизу.

В опорі розташовується два співвісних із оброблюваними отворами траку отвори діаметром 40 мм для сходу стружки на опорну плиту. Конструкція опори розроблена таким чином, аби одночасно забезпечити вільний вихід стружки із зони різання, зручно та швидко її прибирати з

робочого місця та направити вісь циліндра в центр мас трака для найбільш надійного його затиску, і відповідно закріплення.

Опора має три наскрізні отвори із цекуванням для головок гвинтів із різью M14x2 для її кріплення до бокової панелі; чотири наскрізні отвори із цекуванням для головок гвинтів із різью M18x2 для її кріплення до опорної плити та 4 наскрізні отвори із цекуванням для головок гвинтів із різью M14x2 для кріплення пневмоциліндру. Дана опора складається із двох окремих елементів, отриманих гнуттям, які зварюються дугою в середовищі захисного газу між собою двостороннім тавровим типом без скосу кромek ГОСТ 14771-76 та піддаються подальшій механічній обробці. Опора виконана зі сталі 10 ГОСТ 1050-88.

Затискним пристроєм в даному пристосуванні виступає пневмоциліндр. Визначення розміру - діаметра - пневмоциліндра залежить від сили затиску, яку необхідно забезпечити, і визначається за формулою [26, ст. 89; 29, ст. 34]:

$$D \geq \sqrt{\frac{3W}{2P\eta}}, \quad (4.3)$$

де W - необхідна сила затиску (пункт 4.2, формула 4.2);

P - тиск повітря в пневмосистемі, $P = 0,4; 0,63; 1,0$;

η - коефіцієнт корисної дії пневмоприводу, $\eta = 0,8$.

Результати розрахунків, якими стали мінімальні діаметри циліндра залежно від тиску повітря в пневмосистемі наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Мінімальний діаметр пневмоциліндра

Тиск повітря в системі, МПа	0,4	0,63	1,0
Діаметр циліндра, мм	93,5	74,5	59,1

Отже, обираємо пневмоциліндр двосторонньої дії з гальмуванням з кріпленням на лапках діаметром $D = 100$ мм (рис. 4.9) з позначенням: Пневмоциліндр 2111-125x100-100 ГОСТ 15608-81.

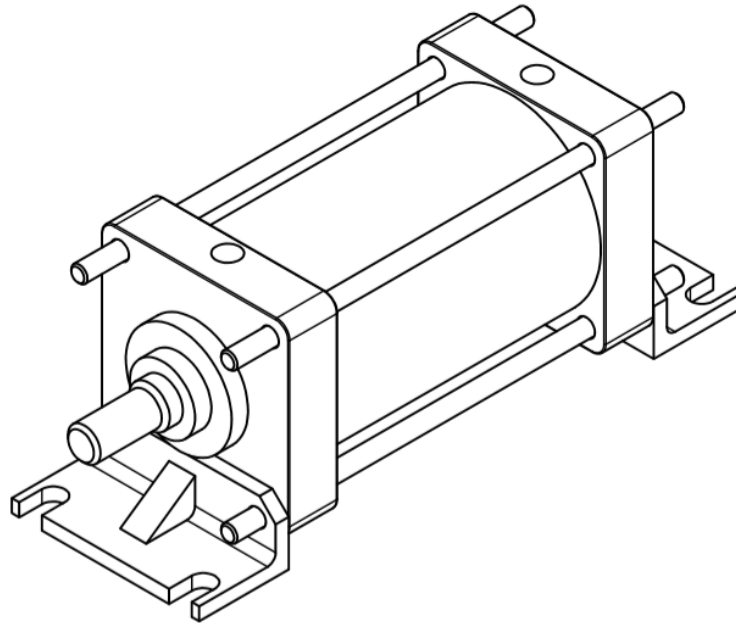


Рисунок 4.9 - Пневмоциліндр двосторонньої дії з гальмуванням з кріпленням на лапках

Обраний пневмоциліндр має два отвори із метричною різьбою $M16 \times 1,5$, до яких приєднані штуцери (рис. 4.10). Штуцери ввертні різьбові стандартні з позначенням Штуцер 2-12-M16 ГОСТ 21858-78 та призначені для під'єднання магістралей із робочим середовищем: повітря пневмосистеми із робочим тиском 0,4 МПа.

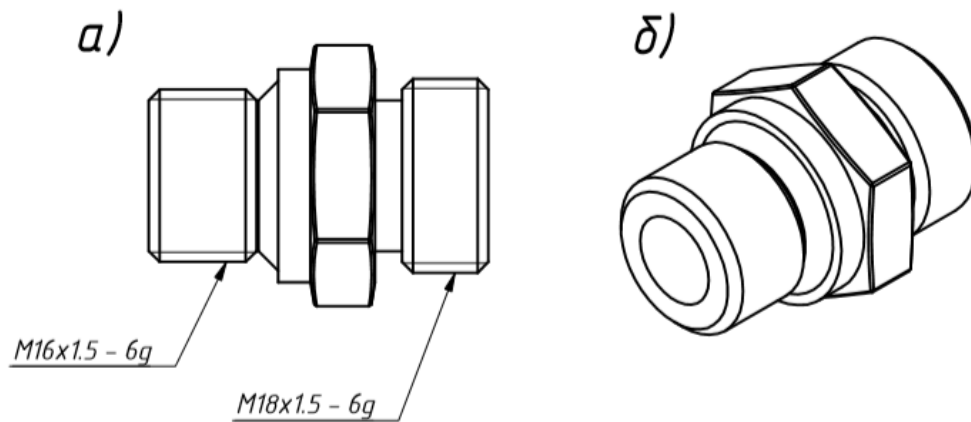


Рисунок 4.10 - Штуцер ввертний стандартний:

а) - вид сбоку; б) - ізометричний вид зверху.

До різьбової ступені штока приєднується наконечник (рис. 4.11). Наконечник кріпиться на штока за допомогою різьби M20x1.5. На торцевій частині штоку в місці контакту із заготовкою поверхня наконечнику фрезерована, оскільки це забезпечує кращий контакт та, відповідно, затиск деталі.

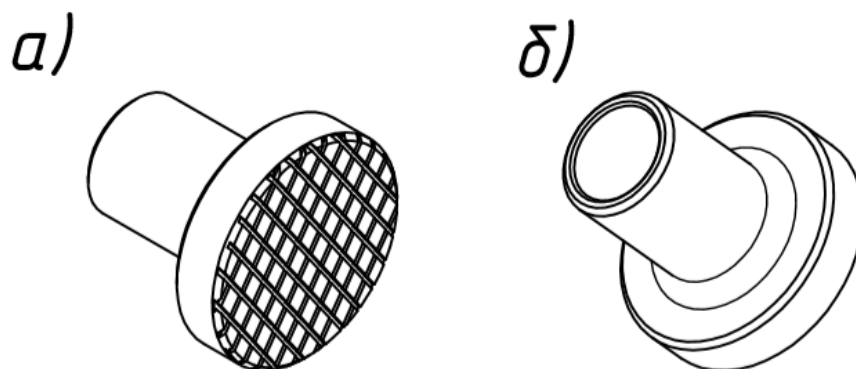


Рисунок 4.11 - Наконечник штоку циліндра:

а) - ізометричний вид спереду; б) - ізометричний вид ззаду.

Наконечник виготовлений зі сталі 40 ГОСТ 1050-88 із гарячекатаного прутка за ГОСТ 2588-90 із подальшою механічною обробкою.

Кріпильні елементи, такі як гвинти, шайби та гайки - стандартні. Переважна кількість гвинтів, головка яких розташовується у відповідному отворі із цекуванням - із внутрішнім шестигранником за ГОСТ 11738-84. Гвинти, які закріплюють планку до бокової панелі - стандартні, із напівкруглою головкою, за ГОСТ 17473-80. Гвинти, головка яких відкрита - стандартні, за ГОСТ 1491-80. Поле допуску зовнішньої різьби (гвинти, болти) - 6g, поле допуску внутрішньої різьби (гайки) - 6H. Шайби, що використовуються у кріпленні пневмоциліндру до опори - стандартні, за ГОСТ 11371-78.

Загальні технічні вимоги до пристосування встановлюються за ГОСТ 31.0151.01-90, окрім тих, що вказані окремо.

4.5 Визначення похибки базування заготовки у пристосуванні

Похибкою базування називається відхилення конструкції заготовки відносно заданого розташування у пристосуванні та основним чином виникає внаслідок несуміщення технологічних та вимірювальних баз. Причиною можуть бути похибки розмірів заготовки, які виконані на попередніх операціях обробки [26].

Оскільки попередньо було обрано таку схему базування, яка мінімізує можливе виникнення похибок, все ж їх відсутність є неможливою. Тобто похибка базування по поверхнях 1 та 3 (рис. 4.1, б) така, що дорівнює нулю, оскільки ми сумістили технологічні та вимірювальні бази.

Внаслідок притискання заготовки поверхнею 2 похибка базування теж дорівнюватиме нулю, проте оскільки в точці контакту наконечника із обробленою поверхнею тісного контакту може не відбутись, розрахуємо похибку базування саме для даного випадку (рис. 4.12).

В даному випадку похибка базування дорівнюватиме половині допуску розміру В, тобто [31]:

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{\delta_B}{2}. \quad (4.4)$$

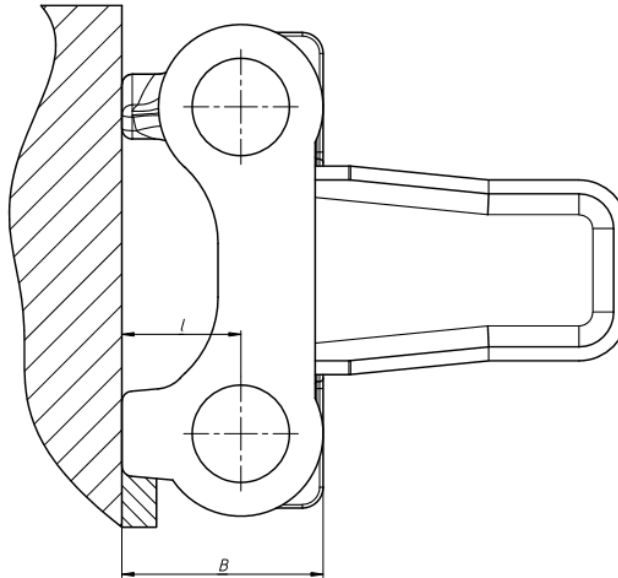


Рисунок 4.12 - Схема визначення похибки базування

Розмір $B = 58^{+0,37}_{-0,37}$ мм, звідки $\delta_B = 0,74$ мм.

Тоді похибка базування за формулою 4.4:

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{0,74}{2} = 0,37 \text{ мм.} \quad (4.5)$$

4.6 Розрахунок пристосування на точність

Точність виготовлення пристосування і точність його встановлення на верстаті, а також зносостійкість його установчих елементів та жорсткість значною мірою впливають на точність обробки заготовки[26].

Точність розробленого пристосування визначається загальною похибкою обробки ε_o , яка не повинна перевищувати допуск δ виконуваного розміру під час обробки, тобто [26, ст. 125]:

$$\varepsilon_o < \delta \quad (4.6)$$

Похибка виготовлення пристосування визначається із наступної залежності [26, ст. 125]:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \delta - k_T \sqrt{(k_{T_1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + (k_{T_2} \cdot \omega)^2}, \quad (4.7)$$

- де δ - допуск виконуваного при обробці розміру заготовки, $\delta = 0,34$ мм;
- k_T - коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин залежно від закону нормального розподілу: $k_T = 1 \dots 1,2$;
- k_{T_1} - коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налаштованих верстатах: $k_{T_1} = 0,8 \dots 0,85$;
- k_{T_2} - коефіцієнт, що враховує долю похибки обробки в сумарній похибці, викликаній факторами, які не залежать від пристосування: $k_{T_2} = 0,6 \dots 0,8$;
- ε_{δ} - похибка базування заготовки в пристосуванні, мкм;
- ε_3 - похибка закріпленні заготовки, що виникає в результаті сил затиску, мкм;
- ε_y - похибка установки пристосування на верстаті, мкм;
- $\varepsilon_{\text{зн}}$ - похибка розташування заготовки, що виникає в результаті зносу установчих елементів пристосування, мкм;
- $\varepsilon_{\text{п}}$ - похибка від перекосу інструменту, мкм;
- ω - середня економічна точність обробки, мкм.

Похибка базування заготовки в пристосуванні $\varepsilon_{\delta} = 370$ мкм (пункт 4.5, формула 4.5).

Похибка закріплення заготовки ε_z визначається таблично, та залежить від характеристики базової поверхні та поперечних розмірів заготовки. В даному випадку похибка $\varepsilon_z = 90$ мкм [26, ст.130,табл. 10.4].

Похибка установки пристосування на верстаті ε_y виникає через зазори між направляючими шпонками та установочними пальцями з Т-подібними пазами стола верстату. Похибка ε_y розраховується для кожного окремого випадку. Оскільки в даному випадку кріплення пристосування до верстатного стола відбувається через провущини, похибка установки буде дорівнювати половині допуску на довжину провущин, тобто $\varepsilon_y = \frac{100}{2} = 50$ мкм.

Похибка зносу установчих елементів $\varepsilon_{зн}$, мкм визначається за формулою, мкм [26, ст. 135]:

$$\varepsilon_{зн} = u \cdot n, \quad (4.8)$$

де u - величина поверхні зносу пристосування, мкм;

n - ресурс роботи пристосування до контролю та ремонту, роки: $n = 1$ рік.

Величина зносу поверхонь пристосування u , мкм визначається за формулою [26, ст. 134]:

$$u = \beta_2 \cdot N, \quad (4.9)$$

де β_2 - константи, що залежать від виду установчих елементів та умов контакту, обираються із таблиці: $\beta_2 = 0,004$ для опорних пластин зі сталі 10 для важких умов роботи;

N - кількість контактів заготовки з опорою в рік, $N = 3800$ за умови 8-годинного робочого дня.

Тоді величина зносу поверхні пристосування буде:

$$u = 0,004 \cdot 3800 = 15,2 \text{ мкм.} \quad (4.10)$$

Таким чином, похибка зносу установчих елементів буде:

$$\varepsilon_{\text{зн}} = 1 \cdot 15,2 = 15,2 \text{ мкм.} \quad (4.11)$$

Похибка $\varepsilon_{\text{п}}$ перекоосу інструменту в розрахунку даного пристосування не враховується, оскільки направляючі елементи, типу кондукторних втулок - відсутні.

Середня економічна точність обробки ω залежить від виду обробки та точності, яка повинна бути забезпечена та визначається таблично [26, ст. 136]. Для оброблюваного зенкерування на довжину 218 мм $\omega = 160$ мкм.

Таким чином точність пристосування за формулою 4.7 буде:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 340 - 1 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 370)^2 + 90^2 + 50^2 + 15,2^2 + (0,6 \cdot 160)^2} = 11,9 \text{ мкм.} \quad (4.12)$$

Таким чином, можемо зробити висновок, що проектоване пристосування забезпечує необхідну точність обробки заданої деталі.

4.7 Рекомендації щодо вибору верстата

Вибір верстата необхідно обирати виходячи з умов роботи інструменту, потужності обробки, розташування заготовки в пристосуванні, розташуванні пристосування на столі верстата, габаритних розмірів інструменту та пристосування.

Потужність обробки N , кВт при зенкеруванні визначається за формулою [16, ст. 280]:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}, \quad (4.13)$$

де $M_{\text{кр}}$ - крутний момент, визначений раніше: $M_{\text{кр}} = 97,516 \text{ Н} \cdot \text{м}$ (пункт 2.2.1, формула 2.2);

n - частота обертання інструменту, об/хв.

Частота обертання інструменту n , об/хв розраховується за формулою [16, ст. 280]:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (4.14)$$

де v - швидкість різання, м/хв;

D - діаметр інструменту, мм.

Швидкість різання v , м/хв розраховується за формулою [16, ст. 276]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v, \quad (4.15)$$

де C_v - коефіцієнт, що визначається таблично і залежить від матеріалу, що обробляється та матеріалу різальної частини: $C_v = 105,0$ [16, ст. 278, табл. 29];

q, x, y, m - показники степеня, що визначаються таблично і залежить від матеріалу, що обробляється та матеріалу різальної частини: $q = 0,4$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,4$ [16, ст. 278, табл. 29];

t - глибина різання, $t = 3 \text{ мм}$;

s - подача, $s = 1 \text{ мм/об}$ [16, ст. 277, табл. 26];

- T - період стійкості, хв, визначається таблично, залежно від способу обробки, матеріалу що обробляється та матеріалу різальної частини: $T = 50$ хв [16, ст. 280, табл. 30];
- K_v - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання K_v розраховується за формулою [16, ст. 276]:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Pv}, \quad (4.16)$$

- де K_{Mv} - коефіцієнт, що залежить від матеріалу, що обробляється;
- K_{Iv} - коефіцієнт, що залежить від інструментального матеріалу, визначається таблично: $K_{Iv} = 1,25$ [16, ст. 263, табл. 6]
- K_{Pv} - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки та визначається таблично: для сталевих виливків за нормальної кірки $K_{Pv} = 0,8$ [16, ст. 263, табл. 5].

Коефіцієнт K_p в даному випадку визначається наступним виразом [16, ст. 261, табл. 1]:

$$K_{Mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{1,0}, \quad (4.17)$$

і для марганцевої сталі при твердості 200 HB буде дорівнювати:

$$K_{Mv} = \left(\frac{190}{200}\right)^{1,0} = 0,95.$$

Тоді за формулою 4.16 загальний поправочний коефіцієнт K_v буде:

$$K_v = 0,95 \cdot 1,25 \cdot 0,8 = 0,95.$$

Знайшовши коефіцієнт визначимо за формулою 4.15 швидкість різання v :

$$v = \frac{105 \cdot 34^{0,4}}{50^{0,4} \cdot 3^{0,15} \cdot 1^{0,45}} \cdot 0,95 = 72,5 \text{ м/хв.}$$

Тоді частота обертання інструменту n за формулою 4.14 матиме значення:

$$n = \frac{1000 \cdot 72,5}{\pi \cdot 34} = 678,75 \text{ об/хв.}$$

Потужність різання N за формулою 4.13 матиме значення:

$$N = \frac{97,516 \cdot 678,75}{9750} = 6,8 \text{ кВт.}$$

Для обробки проектованим інструментом заданої поверхні рекомендуються верстати з наступними ключовими ознаками:

- потужність верстата повинна бути не менше 7 кВт;
- конус шпинделя верстата повинен відповідати конусу Морзе 4, або бути таким, який дозволяє використання переходників та/або адаптерів;
- габаритні розміри робочої поверхні верстатного стола повинні бути: не менше ніж 800 мм в довжину, не менше 300 мм в ширину;
- максимальна відстань від торця шпинделя до стола верстата повинні бути не менше 500 мм;
- кількість Т-подібних пазів верстатного стола повинна бути не менше 3.

Таким чином, розробивши затискне пристосування для закріплення деталі було розроблено його робоче креслення, наведене в додатках. Також, встановивши потужність обробки проектованим інструментом та габарити пристосування, було встановлено основні вимоги до верстатів, на який обробка може здійснюватися.

Головна мета бакалаврської роботи досягнута. Розроблено конструкцію збірного зенкера для обробки марганцевих сталей, проведено його розрахунок та перевірку в умовах близьких до реальних. Також розроблено технологічний процес виготовлення корпусу зенкера та спеціальне пристосування для закріплення деталі на верстатному столі для подальшої її обробки проектованим інструментом.

Проектований зенкер відповідає висунутим до нього вимогам, а саме має жорстку конструкцію інструменту, можливість швидкого поновлення працездатності та невелику вартість виготовлення.

Актуальність викладеної в даному дипломному проекті роботи підтверджує участь у конференції “Інновації молоді в машинобудуванні 2019”, тези якої наведено в додатках.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 977-88 Отливки стальные. Общие технические условия
2. ГОСТ 2176-77 Отливки из высоколегированной стали со специальными свойствами. Общие технические условия
3. Материаловедение: учебное пособие / Л.А. Мальцева, М.А. Гервасьев, А.Б. Кутьин – Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. 339 с
4. Специальные стали / Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. - М.: Металлургия, 1985. - 408 с.
5. Каталог SANDVIK COROMANT: Пластины сменные режущие [Электронный ресурс] // SANDVIK COROMANT. – 2017. – Режим доступа до ресурсу:
<http://www.lab2u.ru/katalog-sandvik-coromant-2017-plastiny-sandvik-mkts-smennye-rezhushchie-tverdospлавnye-spetcialnogo-i-obshchego-naznacheniiia-dlia-tokarnoi-frezernoi-sverlilnoi-obrabotki-na-promyshlennykh-metallorazhushchikh-stankakh-rossiiskaia-federatsiia-lab2u.html>
6. Каталог КЗТС: Металлорежущий инструмент [Электронный ресурс] // КЗТС. – 2016. – Режим доступа до ресурсу:
<http://lab2u.ru/katalog-kzts-2016-metallorazhushchii-tokarnyi-i-frezernyi-instrument-iz-tverdogo-splava-smennye-rezhushchie-mnogogrannye-tverdospлавnye-plastiny-dlia-sbornykh-naruzhnykh-i-vnutrennykh-reztcov-derzhavok-kirovg-radskii-zavod-tverdykh-splavov-rossiia-lab2u.html>
7. Общая классификация и обозначение металлов и сплавов: методические указания для самостоятельной работы / Сост. Т.Ю. Малеткина. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 2015. – 40 с.
8. Каталог Seco: Обработка отверстий. Техническое руководство [Электронный ресурс] // Seco. – 2020. – Режим доступа до ресурсу:
<https://www.secotools.com/article/84588>.
9. Каталог SANDVIK COROMANT: Вращающиеся инструменты [Электронный ресурс] // SANDVIK COROMANT. – 2020. – Режим доступа до ресурсу:
<https://tftp.blob.core.windows.net/coromant/9a45075a-92c7-459c-beb1-34d5f1ffc3be.pdf?sv=2014-02-14&sr=b&sig=4PSGBQgxWKxWZSpMAJ4zZE%2F91WDdSYNsN7%2FUfcudGCY%3D&st=2020-06-09T08%3A49%3A38Z&se=2020-06-09T09%3A54%3A38Z&sp=r&rsct=application%2Fpdf&rscd=inline%3B%20filename%3Dc-2900-28.pdf>
10. Марки твердых сплавов [Электронный ресурс] // СПЕРАНЦА. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://tvsplav.ru/alloys/>.

11. Пластины на основе кубического нитрида бора [Электронный ресурс] // techDIAMOND. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.techdiamond.com.ua/pcbn>.
12. Гаршин, А. П. Материаловедение. Техническая керамика в машиностроении : учебник для академического бакалавриата / А. П. Гаршин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2017. — 296 с.
13. ГОСТ 25557-82 (СТ СЭВ 147-75) Конусы инструментальные. Основные размеры, ГОСТ от 28 декабря 1982 года №25557-82
14. ГОСТ 6636-69. Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры
15. ГОСТ 5950-2000 Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали. Общие технические условия, ГОСТ от 04 июня 2001 года №5950-2000
16. Справочник технолога-машиностроения. В 2-х т. С74 Т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1986. 496 с., ил.
17. Каталог Seco: Токарная обработка. Техническое руководство [Электронный ресурс] // Seco. — 2020. — Режим доступа до ресурсу: <https://www.secotools.com/article/84585>.
18. Руководство SANDVIK COROMANT по металлообработке [Электронный ресурс] // SANDVIK COROMANT. — 2010. — Режим доступа до ресурсу: <http://lab2u.ru/rukovodstvo-sandvik-coromant-2010-po-metalloobrabotke-tochenie-frezerovanie-sverlenie-otrezka-obrabotka-kanavok-rezbonarezanie-instrumentalnaja-osnastka-opisaniia-i-instrukcii-po-pravilnomu-ispolzovaniiu-produkcii-kompanii-sandvik-shvetsiia-lab2u.html>
19. Учебное пособие: Технология обработки металлов резанием [Электронный ресурс] // SANDVIK COROMANT. — 2020. — Режим доступа до ресурсу: <https://tbp.blob.core.windows.net/coromant/c14fef06-4c10-44d5-bdaf-3feafc896d10.pdf?sv=2014-02-14&sr=b&sig=bJ1jD0iNtloLx1qiiHKHbkWVfV5AyaJLyWlJttXo69k%3D&st=2020-06-09T09%3A03%3A49Z&se=2020-06-09T10%3A08%3A49Z&sp=r&rsct=application%2Fpdf&rscd=inline%3B%20filename%3DC-2920-40.pdf>
20. Руководство SANDVIK COROMANT по обработке металлов резанием [Электронный ресурс] // SANDVIK COROMANT. — 2005. — Режим доступа до ресурсу: <http://lab2u.ru/rukovodstvo-sandvik-coromant-2005-po-sovremennoi-obrabo>

tke-metallov-rezaniem-na-metallorezhushchikh-stankakh-i-tcentrakh-s-chpu-u chebnoe-posobie-po-metalloobrabotke-i-ispolzovaniiu-instrumenta-i-produkt cii-shvedskoi-kompanii-sandvik-koromant-lab2u.html.

21. Каталог MITSUBISHI: Вращающийся и токарный режущий инструмент для металлообработки [Электронный ресурс] // MITSUBISHI. – 2016. – Режим доступа до ресурсу: <http://lab2u.ru/katalog-mitsubishi-2016-vrashchaiushchiisia-i-tokarnyi-rezhushchii-instrument-dlia-metalloobrabotki-smennye-tverdosplavnye-plastiny-reztcy-frezy-sbornye-i-monolitnye-sverla-spiralnye-dlia-sverleniia-otverstii-produktcii-firmy-mitsubisi-iaponiia-lab2u.html>
22. Проектування та технологічне забезпечення інструментальних систем інженерного дизайну [Електронний ресурс] : Навчальний посібник для студентів технічних спеціальностей / В. І. Солодкий, Ю. І. Адаменко, В. В. Вовк, Н. В. Мініцька : КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 9,6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 225 с.
23. Барсов А. И. Технология режущего инструмента / А. И. Барсов. – Москва: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1952. – 308 с. – (1-я типография Машгиза).
24. Изучение конструкции и геометрии зенкеров: метод. указания к лаб. работе / сост.: А.Н. Волков, М.Б. Сазонов, Ю.А. Шабалин, И.А. Чигринёв. – Самара: Изд-во СГАУ, 2012. – 32 с.
25. Макиенко Н. И. Общий курс слесарного дела / Н. И. Макиенко. – Москва: Высшая школа, 1980. – 192 с.
26. Фаскиев Р.С Проектирование приспособлений: учебное пособие Р.С.Фаскиев, Е.В.Бондаренко - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006. – 178 с.
27. Вардашкин Б. Н. Станочные приспособления: Справочник в двух томах. Том 1. / Б. Н. Вардашкин, А. А. Шатилова. – Москва: Машиностроение, 1984. – 656 с.
28. ГОСТ 31.0151.01-90 Приспособления универсальные наладочные и специализированные наладочные. Общие технические условия
29. Пасько М. М. Методичні вказівки та завдання до практичних робіт для студентів денної форми навчання спеціальності «Технологія обробки матеріалів на верстатах і автоматичних лініях» / М. М. Пасько. // Машинобудівний коледж Донбаської державної машинобудівної академії. – 2018. – С. 54.

30. Дмитриев В. А. Расчет приспособлений на точность: учебное пособие / В. А. Дмитриев, С. А. Немыткин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2009. – 90 с.
31. Кане М. М. Технология машиностроения. Курсовое проектирование: учебное пособие / М. М. Кане, В. А. Шелега. – Минск: Высшая школа, 2013. – 311 с.
32. ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении. термины и определения

ДОДАТКИ

Зенкер для оброблення отворів у марганцевих сталях

*С. С. Чорна,
Ю. І. Адаменко*

Тези доповіді

Марганцеві сталі типу 110Г13 відносяться до сталей аустенітного класу і відзначаються високим опором зносу під час одночасної дії високих тисків та навантажень. З таких матеріалів виготовляють деталі, що працюють в умовах ударного зношення – зуби ковшів екскаваторів, залізничні стрілки і хрестовини, зірочки тощо. Механічне оброблення таких сталей викликає значні труднощі. Це пояснюється високою міцністю і твердістю матеріалу. Початкова твердість сталі 110Г13Л у вихідному стані складає приблизно 200 НВ, а під дією холодної деформації зростає до 600 НВ (HRC 59). Необхідно розробити різальний інструмент для оброблення наскрізного отвору діаметром 30Н12 глибиною 190 мм. Розмір початкового отвору складає $25 \pm 0,5$ мм.

Для виконання вказаної операції можуть бути застосовані різні інструменти, зокрема свердла, зенкери, розточувальні головки. Як показали попередні розрахунки осьова сила різання, крутний момент та потужність різання є досить значними, тому інструмент повинен мати значну міцність і жорсткість. Саме тому було прийняте рішення у якості базового інструменту вибрати зенкер.

У якості інструментального матеріалу для оброблення матеріалів класу Н за класифікацією ISO фірми-виробники [1], [2] рекомендують твердосплавні пластини з покриттями TiSiN-TiAlN, а також пластини на основі нітриду бору.

Різальну частину зенкера доцільно вибрати у вигляді двох симетрично розташованих різальних пластин. Вибір форми та геометричних параметрів різальних пластин має велике значення. Для зенкерів та розточувальних інструментів переважно використовують пластини ромбічної, квадратної та круглої форми. На операціях чорнового оброблення отворів перевагу надають пластинам з додатними задніми кутами. Щоправда, вони мають меншу кількість різальних кромок порівняно з негативними пластинами, але процес різання відбувається з

меншими зусиллями. Кут в плані впливає на форму поперечного перерізу шару матеріалу, що зрізується, та на співвідношення складових сил різання. Великий кут в плані викликає значні осьові зусилля різання, а малий кут в плані викликає радіальні зусилля і відтискання інструменту. Радіус при вершині різальної кромки варто вибирати якомога більшим, оскільки пластини з радіусом 0,8 мм і 1,2 мм забезпечують більш якісну поверхню, більш міцну різальну кромку і, відповідно, більш високу стійкість.

Оброблення різанням з застосуванням пластин з нітриду бору не потребує використання змащувально-охолоджувальної рідини, що спрощує конструкцію інструменту та знижує витрати на процес оброблення. Але застосування рідини може знадобитися для кращого відведення стружки із зони різання. У цьому випадку у корпусі інструменту необхідно передбачити внутрішні канали для її підведення в зону обробки.

Ключові слова: різальний інструмент; зенкер; різальна пластина.

Посилання:

1. Каталог фірми SECO, Швеція <https://www.secotools.com>
2. Каталог фірми Sandvik Coromant, Швеція <https://www.sandvik.coromant.com>

Остання редакція:
2019-05-20

Посилання на конференцію:

Інновації молоді в машинобудуванні - Режим доступу до ресурсу:

<http://imm-mmi.kpi.ua/imm2019/paper/viewPaper/17790>